



Självständigt arbete i militärteknik

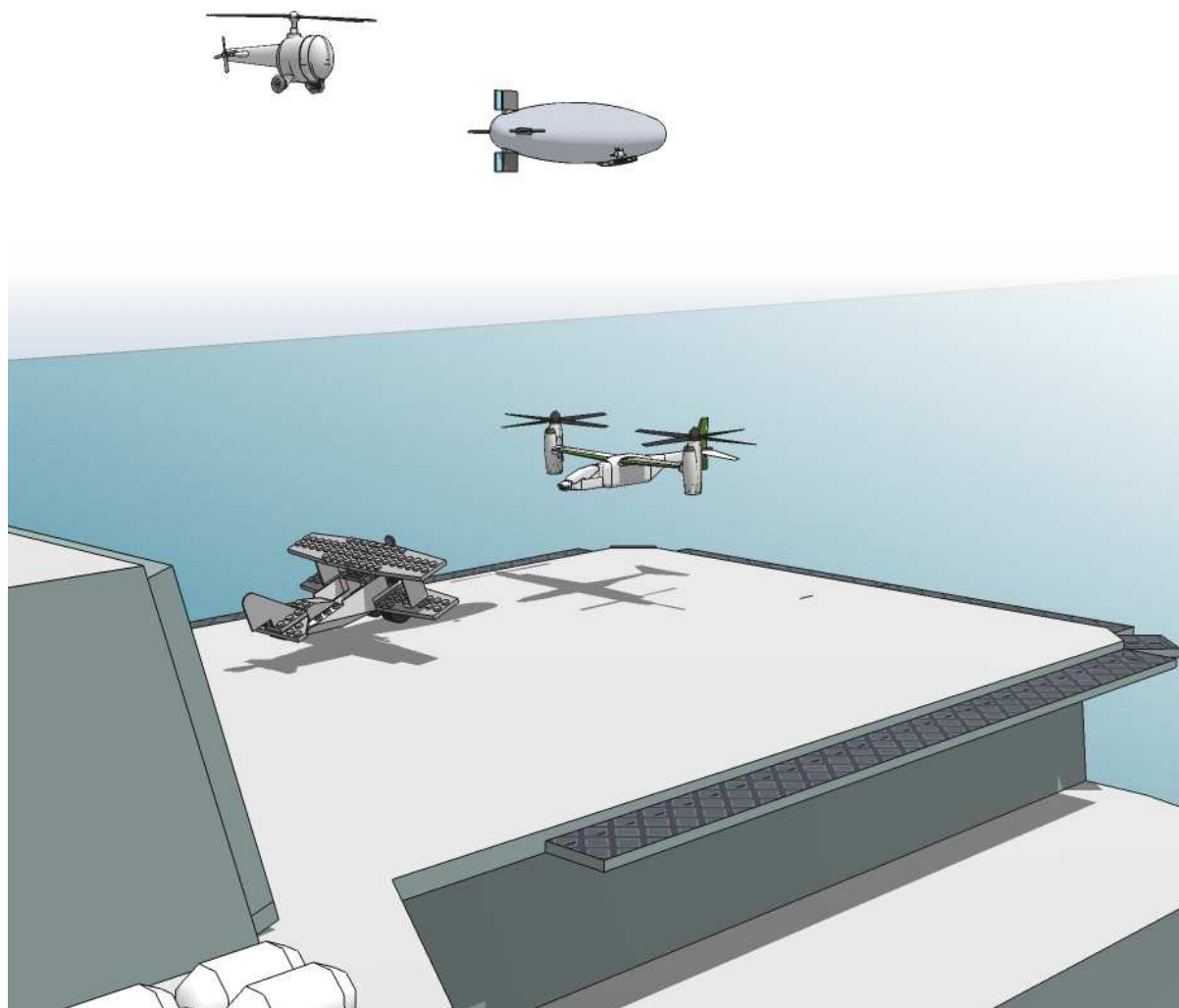
Författare Örlogskapten Per Nilsson	Förband Fjärde sjöstridsflottiljen	Kurs MPU 07-08
FHS handledare Civilingenjör Hans Liwång		
Uppdragsgivare FHS MVI/MTA	Kontakt FHS MVI/MTA	
Titel Kan vi inte ha en sån där istället? Om teknisk kravställning på ett fartygsbaserat UAV-system		
Sammanfattning <p>Detta arbete kretsar kring obemannade luftfartyg, UAV, avsedda att baseras ombord på örlogsfartyg. Regelverk och standarder tillsammans med befintliga fartygs-, helikopter- och UAV-system utgör ett ramverk inom vilket ett scenario leder fram till grundläggande tekniska krav för de delsystem som ingår i ett fartygsbaserat UAV-system. Kraven, som är framtagna med spårbarhet i sjöoperativa förmågor, erfarenheter från den miljö ett luftburet system ska verka i ombord och systemexempel som visar vad som är möjligt att uppnå med dagens tekniknivå, presenteras som ett förslag till värderingskriterier och effektmått med tyngdpunkt på de krav som ställs på luftfartyget (UAV) i sig.</p>		
Nyckelord UAV, UAV-system, fartygsbaserad, värderingskriterier, effektmått		

Abstract

This work revolves around unmanned aerial vehicles, UAVs, meant to be based onboard naval ships. Rules and regulations, standards and current ship, helicopter and UAV systems form a framework for system requirements for a UAV system derived from a scenario. The requirements, traceable to abilities described in the Swedish naval doctrine, the naval environment and current subsystems, are finally presented as a proposal for evaluation criteria and measures of merit.

2008-12-02

Kan vi inte ha en sån där istället?



Om teknisk kravställning på ett fartygsbaserat UAV-system

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Kan vi inte ha en sån där istället?.....	1
1.2	Syfte och frågeställning.....	2
1.3	Antaganden och avgränsningar	3
1.4	Tillvägagångssätt och struktur	5
1.5	Läsanvisning och formalia	6
1.6	Tidigare arbeten med anknytning till området	7
1.7	Material	7
1.8	Centrala begrepp	8
2	Utgångspunkt och referensram.....	10
2.1	Beskrivning av Korvett typ Visby.....	10
2.2	Beskrivning av Helikopter 15	11
2.3	UAV-system.....	12
2.3.1	UAV-system avsedda för fartygsbaserings.....	13
2.3.2	Systemexempel UAV-system	14
2.4	Diskussion och delresultat.....	17
3	Regelverk, interoperabilitet och standarder	20
3.1	Regelverk	20
3.1.1	Flygplatsfunktion Korvett typ Visby.....	20
3.2	Interoperabilitet och standarder.....	21
3.3	Diskussion och delresultat.....	22
4	Scenario.....	24
4.1	Scenario och uppgifter	24
4.1.1	Händelse 1. Upptäckt av ytmål	26
4.1.2	Händelse 2. Identifiering av ytmål	26
4.2	Diskussion och delresultat.....	26
5	Nyttolast, datalänk och UAV-ledningssystem	30
5.1	Nyttolast	30
5.1.1	EO/IR-sensorer.....	31
5.1.2	Systemexempel EO/IR-sensorer	31
5.1.3	Radarsensorer	32
5.1.4	Systemexempel radarsensorer	33
5.2	Datalänk	33
5.2.1	Systemexempel Datalänk	34
5.3	UAV-ledningssystem	35
5.3.1	Systemexempel UAV-ledningssystem.....	36
5.4	Diskussion och delresultat.....	36

2008-12-02

6	Start- och landningssystem.....	41
6.1	Fysisk miljö och andra förhållanden ombord.....	41
6.1.1	Erfarenheter från helikopterprov med HMS Visby.....	43
6.2	Systemexempel Start- och landningssystem	44
6.2.1	Säkring och hantering vid start och landning.....	45
6.3	Diskussion och delresultat.....	46
7	Luftfartyg (UAV)	50
7.1	Krav på luftfartyget från scenario och övriga delsystem	50
7.1.1	Vilka andra krav kan finnas?.....	51
7.2	Diskussion och delresultat.....	52
8	Resultat.....	56
8.1	Sammanställning av delresultat - grundläggande tekniska krav	56
8.2	Svar på frågeställningarna	58
8.3	Förslag till värderingskriterier och effektmått	59
8.4	Återkoppling till syftet	60
8.5	Vad ska vi ha en sån där till då?.....	60
9	Käll- och litteraturförteckning.....	62

Bilagor

Bilaga 1. Begrepp, förkortningar och akronymer

Bilaga 2. Systemexempel EO/IR-sensorer

Bilaga 3. Systemexempel radarsensorer

Bilder

Bild 1.	Tillvägagångssätt och struktur.....	5
Bild 2.	Delsystem i ett UAV-system avsett för fartygsbaserad	9
Bild 3.	Scenariots operationsområde.....	25
Bild 4.	UAV-ledningssystem	36
Bild 5.	Fartygs frihetsgrader.....	42

Tabeller

Tabell 1.	Sensor- och vapensystem Korvett typ Visby	11
Tabell 2.	Huvuddata Helikopter 15	12
Tabell 3.	Data och prestanda för ett urval av UAV-system	15
Tabell 4.	Interoperabilitetsnivåer enligt STANAG 4586.....	21
Tabell 5.	Sammanfattning av data och prestanda för EO/IR-sensorer	32
Tabell 6.	Sammanfattning av data och prestanda för radarsensorer	33
Tabell 7.	Mått och vikt för ADT-komponenter.....	35
Tabell 8.	Sea State enligt RMS	41
Tabell 9.	Data för UCARS-V2.....	45
Tabell 10.	Generella behov av lastkapacitet och kraftförsörjning	53
Tabell 11.	Förslag till värderingskriterier och effektmått	59

2008-12-02

1 Inledning

Det knastrar till i högtalarsystemet och vaktchefens röst fyller fartyget:

'Lystring! SITREP yttre strid. THREAT LEVEL och WEAPON STATUS oförändrade. Taktiskt läge: Ett mål vid MK anöringsboj har med Munins sensorer identifierats som en större gummibåt med sju eller åtta personer ombord. Båten bedöms som trolig pirat. Det danska styckegodsartyget S/S Martha kommer med nuvarande kurs och fart att passera bojen om cirka två timmar. FC inriktning: Skydda S/S Marthas passage genom området mot angrepp från troliga pirater genom att förhindra dem att närma sig det danska fartyget, om nödvändigt med vapenmakt. FC prioritering; Manöverförmåga – fart 35 knop, Ytstrid – spaning mot ytmål; Spaningsradar och UAV prioriterade sensorer, pjäs och ksp prioriterade vapensystem. Insatsberedskap hög, klart skepp närförsvaret kommer att beordras inom femton minuter. SITREP slut.'

Nere i maskin startas gasturbinerna och fartyget sätter högsta fart med kurs rakt mot anöringsbojen fyrtio distansminuter bort. Munin fortsätter mot ännu ett oidentifierat eko längre in i Mwanaume Kiranis skärgård, samtidigt som fartygets andra UAV, Hugin, klargörs för start uppe på helikopterdeck.

1.1 Kan vi inte ha en sån där istället?

Är ovanstående text bara ett halvtaffligt försök att efterlikna en roman av Tom Clancy genom att använda ett språk fyllt av förkortningar och fackuttryck eller något som kan bli verklighet på ett svenskt örlogsfartyg i en nära framtid?

Detta självständiga arbete kretsar kring obemannade luftfartyg, vanligtvis benämnda UAV efter engelskans Unmanned Aerial Vehicle, avsedda att baseras ombord på örlogsfartyg. Mitt intresse för ämnet kommer från min tid vid Provturskommando Visby där det av och till i informella sammanhang, utifrån frågan "kan vi inte ha en sån där istället?", resonerades kring möjligheten att åtminstone delvis ersätta ombordbaserad helikopter med UAV. Resonemangen utgick då, åtminstone för min del, huvudsakligen från svårigheterna med att få plats för en helikopterhangar ombord och antagandet att en UAV skulle kräva mindre utrymme vid basering ombord, men även från en diffus uppfattning om vilka förmågor en UAV skulle kunna bidra med.

2008-12-02

Korvett typ Visby (Kv Visby) kommer inte, vilket ursprungligen var tanken, att utrustas med helikopterhangar, vilket innebär att förutsättningarna att basera en helikopter ombord under längre perioder inte kommer att finnas. Beslutet innebär inte att flygplatsfunktionen i sig påverkas, helikopterinstallationerna ombord avses komma att tillåta helikopteroperationer under såväl dager som mörker. Behovet av, och förmågan till, taktisk samverkan mellan fartygs- och helikoptersystem vid lösandet av sjöoperativa uppgifter påverkas inte heller. Ett UAV-system avsett för basering på Korvett typ Visby ska därför inte ses som en ersättning för sjöoperativ helikopter, utan snarare som ett komplement.

Detta arbete utgår från att ett UAV-system avsett för basering ombord på svenska örlogsfartyg – inte nödvändigtvis på Korvett typ Visby – är en möjlig lösning för att få tillgång till ett flygande system som organisatoriskt tillhör fartyget och på så sätt alltid finns tillgängligt ombord. Men, om det inledande scenariot ska kunna bli verklighet, vilka krav ska Försvarmakten i så fall ställa på ett fartygsbaserat UAV-system?

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med detta självständiga arbete är att presentera grundläggande tekniska krav, i form av ett förslag till värderingskriterier och effektmått, för ett UAV-system avsett att baseras ombord på svenska örlogsfartyg, med tyngdpunkt på de krav som ställs på luftfartyget (UAV) i sig.

Avsikten är att de tekniska krav som presenteras ska vara spårbara både från det bidrag till sjöoperativ förmåga som ett fartygsbaserat UAV-system kan ge och från de krav som fartygsbaserad i sig ställer på flygande system.

Det bidrag ett fartygsbaserat UAV-system kan ge till sjöoperativ förmåga kommer att visas med ett enkelt scenario, där två händelser används för att ge en uppfattning om vilken nyttolast en UAV måste kunna bära och vilka tekniska krav detta ställer på ett UAV-system. De krav som fartygsbaserad i sig ställer på ett UAV-system kommer att beskrivas med utgångspunkt i scenariot, den fysiska miljön ombord och erfarenheter av de gränzytor som finns mellan fartygs- och helikoptersystem. I de fall där det finns standarder för de delsystem som ingår i ett UAV-system kommer dessa att användas dels som ett

2008-12-02

hjälpmedel för att ta fram tekniska krav och dels för att påvisa möjligheten att uppnå teknisk interoperabilitet.

De svar följande två frågeställningar ger kommer att ligga som grund för det förslag till värderingskriterier och effektmått som arbetet är tänkt att resultera i.

- i. Vilken nyttolast, i form av sensorer, och andra delsystem eller komponenter måste en UAV kunna bära för att lösa två specifika uppgifter och vilka krav ställer detta på luftfartyget i sig?
- ii. Vilka krav ställer fartygsbaserat av ett UAV-system på ingående delsystem, och vad innebär dessa krav för luftfartyget i sig?

1.3 Antaganden och avgränsningar

Ett grundläggande antagande för detta arbete är att ett fartygsbaserat UAV-system organisatoriskt skulle tillhöra det fartyg det installeras på, i likhet med t.ex. de fjärrmanövrerade undervattensfarkoster som Korvett typ Visby utrustas med, och att ett UAV-system därmed kan ses som ett av de tekniska delsystem som – tillsammans med personalen ombord – skapar den totala förmågan för ett fartyg att lösa sjöoperativa uppgifter.

De grundläggande tekniska krav som tas fram och presenteras i form av värderingskriterier och effektmått aspirerar inte på att utgöra en komplett förteckning över tekniska krav på ett fartygsbaserat UAV-system. I arbetet kommer endast sådana krav som är särskiljande med avseende dels på det bidrag till den sjöoperativa förmågan som ett UAV-system kan ge och dels på möjligheterna att basera systemet ombord att tas upp. Detta innebär att beskrivningar av och krav på t.ex. förrädsställning, underhållsmässighet och ekonomi som normalt ingår när tekniska krav för ett nytt materielsystem tas fram inte behandlas. De olika regelverk inom Försvarmakten som reglerar säkerhetskrav och som kan vara aktuella för ett flygande system avsett att baseras ombord på fartyg kommer endast att presenteras översiktligt. De tekniska krav som ställs på ett fartygsbaserat UAV-system antas även innefatta krav på interoperabilitet, och här antas därför att standarder som tagits fram inom Nato är lämpade både för att beskriva teknisk uppbyggnad av och interoperabilitetskrav på ett UAV-system. Funktioner i de delsystem och komponenter som ingår i ett UAV-system kommer inte att beskrivas med något

2008-12-02

större tekniskt djup, utan behandlas istället som svarta lådor med tyngdpunkt på vad ett delsystem eller en komponent ska uträtta och inte på en detaljerad beskrivning av hur detta sker, t.ex. kommer endast vilka sensortyper som ska ingå i nyttolasten att anges, utan detaljerade prestandakrav för sensorerna.

Endast UAV-system avsedda för fartygsbaserad kommer att avhandlas. Även om ett ombordbaserat bemannat system, ett UAV-system där start och landning sker iland (eller från annan plattform än fartyg) eller ett fartygsbaserat system med obemannade yt- eller undervattensfarkoster skulle kunna lösa uppgifterna i det scenario som används i arbetet kommer sådana system inte att diskuteras. Omfattningen av uppgifter som ett UAV-system skulle kunna användas för att lösa begränsas i scenariot till två händelser som används för att visa vilken last en UAV måste kunna bära i de specifika fallen. Dessutom avgränsas arbetet till att inte omfatta vapenbestyckade UAV-system, som tänkbar nyttolast kommer endast spaningssensorer att tas upp. Vidare kommer arbetet att utgå från att endast sådana UAV-system där luftfartyget har förmåga att starta och landa på ett kontrollerat sätt är av intresse för fartygsbaserad.

Av befintliga svenska fartyg antas att endast ytfartyg i storlek som Korvett typ Visby och uppåt är aktuella för basering av ett UAV-system, därför kommer denna fartygstyp att användas som referensram för fartygsplattform i de resonemang som i detta arbete förs kring basering av ett UAV-system ombord. Erfarenheter från helikopterprov med Korvett typ Visby antas vara representativa för både fysisk miljö och gränssytor mellan fartyg och flygande system (oavsett hur en UAV flyger) och används därför som utgångspunkt för de diskussioner kring fartygsbaserad som utgör en del av arbetet. För denna del antas också att systemlösningar som medför att fartyg som idag har kapacitet att ta emot helikopter inte längre kan använda flygplatsfunktionen ombord för detta ändamål inte skulle accepteras av Försvarmakten. Förutom detta antagande kommer arbetet inte att behandla de anpassningar och ombyggnader som måste göras på befintliga fartygssystem för att de ska kunna användas för basering av UAV. Helikopter 15 används som referens för flygande system och storleken för denna helikopter används som övre gräns i det urval av UAV-system som presenteras.

2008-12-02

1.4 Tillvägagångssätt och struktur

För att uppnå syftet med detta arbete, att i form av värderingskriterier och effektmått presentera tekniska krav för ett fartygsbaserat UAV-system, används en modell för arbetet som illustreras med Bild 1.

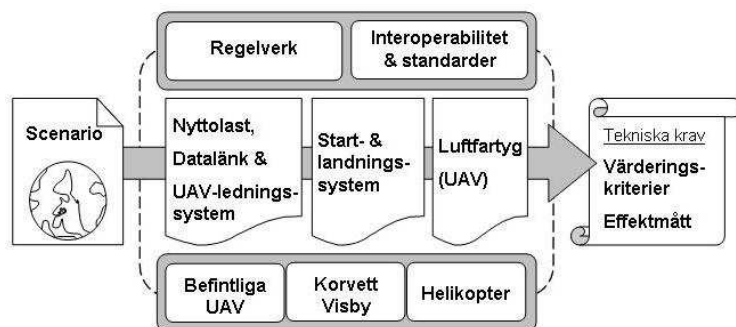


Bild 1. Tillvägagångssätt och struktur

Ramverk

I kapitlet **Utgångspunkt och referensram** presenteras fakta kring Korvett typ Visby och Helikopter 15 som en referensram för fartygssystem och flygande system med sjöoperativa uppgifter. För att ge en uppfattning om vilka prestanda ett UAV-system kan uppnå med dagens tekniknivå presenteras även ett urval av befintliga och planerade UAV-system som är avsedda för, eller bedöms kunna vara lämpade för, ombordbasing. Under rubriken **Regelverk, interoperabilitet och standarder** redovisas de regelverk som avseende säkerhetskrav inom Försvarmakten utgör styrande dokument för flygande system och fartygssystem översiktligt, med tyngdpunkt på hur gränstorna mellan olika regelverk kan hanteras för ett ombordbaserat flygande system. Här redovisas också standarder som kan ha påverkan på interoperabilitet för ett UAV-system översiktligt. Delresultat från dessa två kapitel används sedan som ett ramverk för det fortsatta arbetet, tillsammans med definitioner av t.ex. vad som avses med ett fartygsbaserat UAV-system och vilka delsystem som ingår i ett sådant hämtade från **Centrala begrepp**. Som exempel på hur ramverket nyttjas kommer standarder att användas som ett hjälpmedel för att beskriva tekniska krav och möjligheterna att uppfylla krav exemplifieras med delsystem eller komponenter från befintliga UAV-system.

Spårbarhet mot sjöoperativa uppgifter

I kapitlet **Scenario** visas vad ett fartygsbaserat UAV-system kan bidra med vid lösandet av sjöoperativa uppgifter genom att på taktisk nivå beskriva tänkbara

2008-12-02

uppgifter för ett UAV-system. De egenskaper som delsystem ingående i ett UAV-system måste ha för att lösa dessa uppgifter, uttryckta som egenskapskrav, utgör delresultat för detta kapitel och används sedan som ett ingångsvärde för att ta fram prestandakrav för de olika delsystemen som ingår i ett UAV-system. Delsystemen **Nyttolast**, **Datalänk** och **UAV-ledningssystem** behandlas i ett gemensamt kapitel, dels därför att egenskaper för dessa delsystem kan anses vara relativt allmängiltiga för ett UAV-system oavsett om det är fartygsbaserat eller inte och dels då det är gränssytor mellan dessa delsystem som är avgörande för möjligheten att presentera ett mål som upptäckts med UAV-burna sensorer i t.ex. ett stridsledningssystem ombord. Kapitel **Start- och landningssystem** inleds med en beskrivning av "den marina miljön" och andra förhållanden ombord på ett örlogsfartyg samt en kort redovisning av erfarenheter från helikopterprov med Korvett typ Visby (som antas vara representativa för gränssytor mellan fartyg och flygande system oavsett hur de flyger), för att ge en bakgrund till de krav detta delsystem måste uppfylla vid ombordbaserad utöver vad som framkom i scenariot. Delresultat för de kapitel som behandlar olika delsystem utgörs av både prestandakrav för delsystemen i sig och underlag för kravställning på luftfartyget. De egenskapskrav från scenariokapitlet, och krav som genererats som delresultat i de olika delsystemkapitlen, som har bäring på den flygande plattformen behandlas i det avslutande delsystemkapitlet, **Luftfartyg (UAV)**.

Resultat

I det avslutande kapitlet kommer de delresultat som tagits fram att kortfattat återges och sammanställas för att sedan användas både för att besvara frågeställningarna och för att ta fram ett förslag till utvärderingskriterier och effektmått för ett fartygsbaserat UAV-system.

1.5 Läsanvisning och formalia

Under varje huvudrubrik återfinns en kort inledande text om vad läsaren kan förvänta sig att hitta för information i det aktuella kapitlet, och vid behov ett förtydligande av antaganden och avgränsningar samt förklaring av begrepp som inte tidigare tagits upp. För källor som nämns i löpande text anges titeln med kursiv stil. Eftersom en stor del av källorna som används i detta arbete är engelskspråkiga tas, för att minska risken för begreppsförvirring vid översättning, väsentliga begrepp och formuleringar med på originalspråket

2008-12-02

(*kursivt inom parentes*). Renodlade citat markeras med indragen kursiv text på ny rad, i de fall citatet redan från början innehåller kursiv text markeras detta med understrykning. Viktiga begrepp i löpande text markeras med **fetstil**.

Arbetet genomförs som en fristående kurs vid Försvarshögskolan, i direkt anslutning till avslutad Militärteknisk påbyggnadsutbildning (MPU).

1.6 Tidigare arbeten med anknytning till området

De C-uppsatser som skrivits vid Chefsprogrammet på FHS sedan 2001 som på något sätt behandlar UAV är huvudsakligen inriktade mot UAV-system avsedda som sensor- eller vapenbestyckade plattformar inom markarenan [1]. Många av de mer allmänt hållna beskrivningar av UAV-system som finns i dessa uppsatser är tillämpliga även för ett system avsett för sjöarenan, även om terminologin skiljer sig något mot de begrepp som används i detta arbete.

I en rapport från Totalförsvarets forskningsinstitut från 2006, *UAV ESM förstudie – slutrapport* [2], avhandlas signalspaning mot kommunikations- och radarsignaler med UAV. Denna rapport är främst inriktad mot hur små UAV-system kan bidra till förbättrad marklägesuppfattning. Då de delar av rapporten som rör luftfartyg och länk mellan UAV och markstation är tillämpliga även för ett fartygsbaserat UAV-system (som kan ha signalspaning som tänkbar uppgift), kommer rapporten att användas som källa i detta arbete.

Ett examensarbete från Linköpings universitet, *Mekanisk säkring av helikopter på fartygsdäck – en konceptuell fallstudie av Saabs UAV-system Skeldar M* [3], behandlar den mekaniska gränsytan mellan en UAV och ett fartyg vid landning och kommer att refereras till i den del av detta arbete som behandlar start- och landningssystem.

1.7 Material

Litteratur och källor som härstammar från Försvarmakten utgörs till stor del av styrande dokument och betraktas som tillförlitliga. Det material som är av mer informativ natur anses i detta arbete ge uttryck för den bild myndigheten vill ge av t.ex. olika materielsystem och bedöms även det som pålitligt. Det material som hämtats från Försvarsdepartementet och från andra myndigheter inom den svenska försvarssektorn, Försvarets materielverk (FMV) och Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI), bedöms ha samma grad av

2008-12-02

tillförlitlighet som material från Försvarmakten, liksom det material som har sitt ursprung i det amerikanska Förvarsdepartementet (US DoD) och Nato.

De artiklar och online-nyheter som används som källor i arbetet är hämtade från utgivarna av tidskrifterna *Unmanned Systems*, *Flight International* och *Jane's International Defence Review*, dessa tidskrifter bedöms vara trovärdiga rapportörer av nyheter inom försvarsområdet oavsett om nyheterna publiceras i tryckt form eller på Internet. Data för befintliga och planerade UAV-system har hämtats från *Unmanned Vehicles Handbook 2007* [4] (publicerad av samma utgivare som *Unmanned Systems*), *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005 – 2030* [5] och *Unmanned Systems Roadmap 2007 – 2032* [6] (från US DoD) och respektive tillverkares Internetsidor, samt i några fall ur artiklar från tidigare nämnda tidskrifter. Även om enstaka uppgifter om dessa UAV-system kan vara felaktiga, bedöms detta underlag sammantaget ge en relevant bild av data och prestanda för de olika systemen. De fakta om nyttolast (sensorer), datalänk, UAV-ledningssystem och start- och landningssystem som återfinns i arbetet har tagits fram på liknande sätt, och bedöms även de som rimliga.

Författarens egna erfarenheter av Korvett typ Visby används i de delar av arbetet där fartygstypen utgör referens, framförallt i de avsnitt som rör miljön ombord och erfarenheter från de helikopterprov som genomfördes 2006, i det senare fallet grundat på deltagande i både planering och genomförande av denna provverksamhet i befattning som Fartygsingenjör (FI) ombord HMS Visby. Erfarenheterna grundar sig på sammanlagt sju års tjänstgöring vid Provturskommando Visby, huvudsakligen som FI men även under ett års tid utlånad till FMV som ställföreträdande delprojektledare i Delprojekt Fartygs-system. Hänvisningar till författarens erfarenheter markeras med [FE].

1.8 Centrala begrepp

Under denna rubrik definieras begreppen UAV och UAV-system, som de används i detta arbete, kortfattat. Förtydliganden och bakgrund till dessa definitioner samt ytterligare ett antal begrepp, förkortningar och akronymer återfinns i Bilaga 1. De begrepp som där ges mer fylliga förklaringar är;

- Interoperabilitet, standarder och standardisering
- Spaningskedjan; upptäckt, klassificering och identifiering
- Spaningssensorer; EO/IR-sensorer, radarsensorer, SAR och MTI

2008-12-02

- Grundläggande tekniska krav, värderingskriterier och effektmått

UAV definieras som ett motordrivet återanvändbart obemannat **luftfartyg** som kan; flyga autonomt eller fjärrstyras, bära en nyttolast och som ingår som en del av ett **UAV-system**, som här avser ett materielsystem bestående av de delsystem som krävs för att systemet ska kunna lösa militära uppgifter.

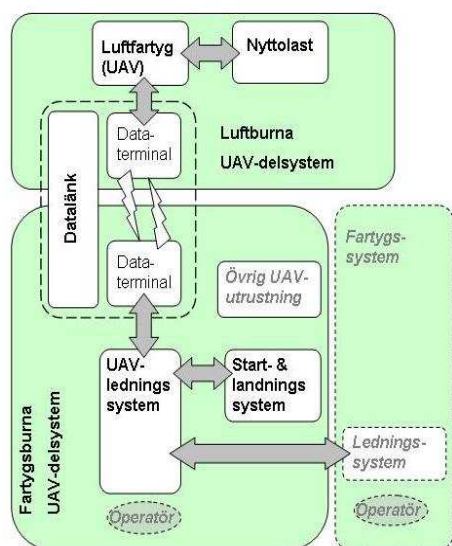


Bild 2. Delsystem i ett UAV-system avsett för fartygsbaserad

Ett **UAV-system** består av följande delsystem;

- **UAV eller luftfartyg**
(AV, air vehicle)
- **Nyttolast**
(payload)
- **Datalänk**
(data link)
- **UAV-ledningssystem**
(UCS, UAV Control System)
- **Start- och landningssystem**
(launch and recovery element)

Definitionerna av UAV och UAV-system utgår från *Försvarsmaktens UAV-policy* [7], *NATO Glossary of Terms and Definitions* [8] och *STANAG 4586 Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability* [9].

2008-12-02

2 Utgångspunkt och referensram

Korvett typ Visby och Helikopter 15 kommer att användas som referensramar för fartygsplattform och flygande system, därför inleds detta kapitel med en kort presentation av dessa båda materielsystem. Avsikten med de avsnitt om UAV-system som sedan följer är att presentera ett urval av UAV-system lämpade för fartygsbaserad för att ge en uppfattning om vilka prestanda som kan uppnås med dagens teknikknivå.

2.1 Beskrivning av Korvett typ Visby

Korvett typ Visby, uppkallat efter det första fartyget i serien, HMS Visby, kännetecknas av smygteknik och multifunktionalitet. Med smygteknik avses här de låga signaturer som fartygstypen har inom olika områden, i syfte att göra fartygen mer svårupptäckta för olika sensorer. Multifunktionalitet innebär att ett och samma fartyg kan användas för att lösa uppgifter som tidigare krävt flera olika fartygstyper. Fartygsserien består av fem fartyg med följande huvuddata; Längd: 72 m, Bredd: 10,4 m, Djupgående: ca 2,4 m, Displacement: 650 ton, Fart: 35 knop. Besättningen utgörs av 43 personer. En första leverans av fartyg till Försvarsmakten är planerad under 2009, dock utan fullständig installation av sensor- och vapensystem.

Skrovmaterialet utgörs av en sandwichkonstruktion i kolfiberlaminat med PVC-kärna, materialval och skrovutformning bidrar till låga signaturer genom att göra skrovet omagnetiskt och svårupptäckt för både radar- och infraröda sensorer. Framdrivning sker med ett kombinationsmaskineri där fyra gasturbiner eller två dieselmotorer driver två vattenstråldriftaggregat, vilket ger en lägre hydroakustisk signatur än konventionell propellerdrift.

Fartygstypen är framtagen för att kunna lösa uppgifter som minröjning, ubåtsjakt, ytstrid, havsövervakning och sjöfartsskydd med god uthållighet (veckor) i ett operationsområde. För att lösa dessa uppgifter är fartygen utrustade med ett Windows-baserat ledningssystem (benämnt 9LV460 CETRIS) samt sensor- och vapensystem enligt Tabell 1. Förutom de system som finns förtecknade i tabellen finns planer att förse fartygen med luftvärnsrobot, men anskaffning av sådan är i dagsläget osäker. Eldledning för pjäs, robot och torped samt styrning av spaningsradar, sikte och optroniska

2008-12-02

sensorer har integrerats i ledningssystemet, som i sig är uppbyggt i ett nätverk med generellt utformade operatörsplatser. [10], [11], [12], [13]

Benämning	Funktion och användningsområde
PS 201	Spaningsradar, upptäckt av luft- och ytmål
PN 621/PN 982	Navigationsradar, navigation
PQ 922	Signalspaningsanläggning, analys av radarsignaler
Sikte: PE 460 + TV/IR/Laser	Eldledningsradar + optroniska sensorer, inmätning av luft- och ytmål för vapeninsats (även upptäckt av luft- och ytmål)
VDS	Aktiv/passiv spaningssonar, undervattensmål
HMS	Aktiv lokaliserings- och klassificeringssonar, undervattensmål
TAS	Passiv släpssonar, undervattens- och ytmål
ROV-S	Fjärrstyrd undervattensfarkost, lokalisering och klassificering av undervattensmål
ROV-E	Fjärrstyrd undervattensfarkost, identifiering av undervattensmål och minförstöring
Sonarbojar	Passiv sonar, spaning mot undervattensmål
RBS 15 MK II / MK III	Tung radarmålsökande sjömålsrobot
Torped 451	40 cm trådstyrd elektrisk ubåtsjakttorped
AKAN 57 Mk 3	57 mm allmålspjäs, bekämpning av luft-, yt- och markmål
TKsp 12,7 mm (Ksp 58)	Närskydd
MASS	Motmedelssystem, elektrooptiska/infraröda/radiofrekventa hot
Minor och sjunkbomber	Minering och ubåtsjakt
IFF	Identify Friend or Foe. Militärt igenkänningssystem, som används för att skilja egna styrkor från fiendliga.
AIS	Automatic Identification System. Civilt system som används för identifiera bl.a. fartyg och helikoptrar och följa fartygsrörelser.

Tabell 1. Sensor- och vapensystem Korvett typ Visby

2.2 Beskrivning av Helikopter 15

Helikopter 15 anskaffas i en markoperativ och en sjöoperativ version, fördelade på tolv respektive åtta helikoptrar, där den sjöoperativa versionen är framtagen för att kunna baseras ombord på och samverka med Korvett typ Visby. Huvuddata för helikopter 15 framgår av Tabell 2, gemensamt för båda versionerna är att de kommer att vara utrustade med bl.a. navigeringssystem, AIS- och IFF-transpondrar, utrustning för instrumentlandning samt väderradar som även kan användas för spaning och navigation. De uppgifter som helikoptertypen är framtagen för omfattar personal- och materieltransporter (inklusive transporter av sjuka och skadade), spaning och rekognoscering (inklusive undervattensspaning) samt undsättning av nödställda. För att möta de krav som olika uppgifter ställer finns möjlighet att montera s.k.

2008-12-02

uppdragsanpassad tilläggsutrustning, som i det sjöoperativa fallet kan bestå av t.ex. värmekamera, sökstrålkastare eller sonarbojsystem med kastare för bojar och länk för överföring av sonardata. [14], [15], [16]

Benämning	Helikopter 15. Ursprungsbenämning: Augusta A 109-E
Besättning	Normalt en förare och en operatör
Längd	11,45 m
Bredd	2,88 m
Höjd	3,50 m
Rotordiameter	11,0 m
Tomvikt	2 150 kg
Max. startvikt	3 175 kg (3 200 kg med yttre fällbar last)
Marschfart	145 knop
Radar	Honeywell Primus 701 A
Beväpning	Kulspruta modell 58 (Ksp 58)

Tabell 2. Huvuddata Helikopter 15

2.3 UAV-system

Militära UAV-system delas i olika sammanhang in på en mängd olika sätt, t.ex. efter hur UAV:n flyger, efter storlek, användningsområde och nyttolastlast eller efter andra särskiljande egenskaper. Detta leder sammantaget till att det finns en stor variation på benämningar av UAV och UAV-system, t.ex. SUAV för Small UAV, MUAV för Micro-, Miniature- eller Maritime UAV, TUAV för Tactical UAV och UCAV för Unmanned Combat Air Vehicle. Med denna typ av benämningar skulle att UAV-system avsett för basering ombord på svenska fartyg kunna betecknas som ett marint taktiskt UAV-system, på engelska Maritime Tactical UAV System (MTUAS). Benämningen VUAV eller VTOL UAV (Vertical Take Off and Landing UAV) användas för luftfartyg som har förmåga att starta och landa vertikalt.

Luftfartyg i ett UAV-system kan använda sig av olika sätt att ta sig fram genom lufthavet, den indelning som presenteras här, inklusive för- och nackdelar med olika flygsätt, är hämtad från FOI-rapporten *UAV ESM förstudie – slutrapport* [2]; En **vingburen UAV** flyger på samma sätt som konventionella flygplan, och startas normalt från bana, ramp eller katapult. För landning används vanligtvis bana, fångstnät eller fallskärm. Vingburna UAV:er har generellt bättre prestanda än rotorburna vad avser fart, räckvidd och uthållighet. En **rotorburen UAV** påminner oftast till utseende och

2008-12-02

aerodynamiska egenskaper om en helikopter och har som sin största fördel förmåga att kunna hovra samt starta och landa vertikalt. I en **hybrid-UAV** kombineras rotorerna och vingarna på olika sätt för att förena prestanda hos en vingburen UAV med förmågan till hovring och vertikal start och landning. **Luftskepps-UAV**:er, som flyger enligt principen lättare än luft (aerostater), kännetecknas av sin storlek, låga fart och korta räckvidd.

2.3.1 UAV-system avsedda för fartygsbaserad

Antalet olika UAV-system, civila och militära sammanräknade, som finns i produktion eller något slags meningsfullt utvecklingskedje uppskattas till ca 450 st [17]. Att hitta system avsedda för fartygsbaserad är, trots det stora antalet olika UAV-system som finns på marknaden, dock inte fullt så enkelt som man skulle kunna tro. I en årligen utgiven sammanställning av UAV-system återfinns ett tjugotal system som av tillgängliga uppgifter att döma är avsedda för militära uppgifter och fartygsbaserad [4].

Enligt Jane's International Review [18] har Finland, Frankrike, Polen, Portugal, Spanien och Tyskland inom ramen för den Europeiska försvarsbyrån (European Defence Agency, EDA) beslutat att påbörja ett samarbetsprojekt för att ta fram ett UAV-system benämnt MTUAS som ska kunna baseras ombord på fartyg i storleksklass från korvett och uppåt. Systemet ska kunna bära modular nyttolast i en UAV med förmåga att starta och landa vertikalt, ha fyra till åtta timmars flygtid och en marschfart mellan 60 och 100 knop. På frågan till en representant för EDA om varför man väljer att satsa på utveckling av ett nytt system istället för att anskaffa ett färdigutvecklat fick artikelförfattaren svaret

"Cost. The day the market can cheaply deliver a series of UAVs with the naval performance and requirements we need, of course the nations would buy it off-the-shelf. But that's not the case. There are none around with the maritime capabilities we demand, so it's cheaper for the ministries to band together and explore how to design it," the source said. [18]

Enligt uppgifter vid en genomgång på Sjöstridsskolan 2008-10-23 ska även den svenska Försvarsmakten ha visat intresse för detta projekt, någon ytterligare information om vare sig former för ett eventuellt svenskt deltagande eller detaljer kring projektet i sig har dock inte gått att få fram.

2008-12-02

2.3.2 Systemexempel UAV-system

Ett urval av befintliga och planerade UAV-system presenteras nedan kortfattat, data och prestanda för de olika systemen återfinns i Tabell 3. Urvalet av de UAV-system som presenteras grundar sig på att de olika sätten att flyga täcks in och att de av tillverkaren uppges vara tänkta för fartygsbaserad eller att de storleksmässigt kan vara lämpade för basering på fartyg. Möjligheten att hitta uppgifter om de system som tagits med har också vägts in. Av utrymmesskäl begränsas omfattningen till nio olika system, med tyngdpunkt på luftfartyget, möjlig nyttolast samt hur start och landning genomförs. De sensortyper som återfinns som exempel på nyttolast är översiktligt beskrivna i Bilaga 1 och kommer att behandlas mer utförligt i Kapitel 5. Uttrycket **Sea State** är ett sätt att ange våghöjd som förklaras närmare i Kapitel 6. De UAV-system som ingår i sammanställningen är;

ScanEagle, ett UAV-system där luftfartyget flyger med fasta vingar, som startas med katapult och som vid landning fångas upp av en vertikalt upphängd lina. Systemet är operativt och finns ombord på amerikanska fartyg (Austin-klass) och har använts i Irak av den amerikanska marinkåren. Nyttolasten består av en stabiliserat upphängd EO/IR-sensor. ScanEagle har också provflugits med radar (SAR) som nyttolast. [4], [6], [19], [20], [21]

X-13, en vingburen UAV avsedd för land- eller fartygsbaserad, är ett utvecklingsprojekt som startas med katapult och använder fångstnät för landning. Luftfartyget ska ha förmåga att starta och landa vid sjöhävning upp till Sea State 5. Nyttolasten planeras bestå av EO/IR-sensorer och radar (SAR). UAV-systemet ska kunna använda ingående UAV:er som relästation för varandra och på så sätt utöka räckvidden. [4], [22], [23]

I **Tabell 3** innebär i.u. att ingen uppgift har stått att finna. Ø står för diameter. Med räckvidd avses det största avstånd från ledningsplattformen som en UAV kan uppträda på. Storheter har vid behov omvandlats till meter (m), kilogram (kg), nautiska mil (M) och knop för att underlätta jämförelse mellan de olika systemen. TN och GPS är förkortningar för tröghets- och satellitnavigeringssystem. Med flygbränsle avses samma typ av drivmedel som används i t.ex. helikoptrar.

Tabell 3. Data och prestanda för ett urval av UAV-system

Namn	Tillverkare och ursprungsland	Storlek	Tomvikt / Max startvikt	Navigation / Bränsletyp	Uthållighet / Räckvidd	Marschfart / Max. hastighet	Lastkapacitet
ScanEagle	The Insitu Group USA	Längd: 1,2 m Vingspann: 3,11 m Skrov: Ø 0,18 m	12 kg / 18 kg	i.u. / Bensin	> 20 timmar / 54 M	48 knop / 75 knop	6,8 kg (inkl. 5,5 kg bränsle)
EMT X-13	EMT Tyskland	Längd: i.u. Vingspann: 5,10 m Höjd: i.u.	i.u. / 130 kg	i.u. / Flygbränsle	6 timmar / 108 M	54 knop / 97 knop	i.u.
Camcopter S-100	Schiebel Österrike	Längd: 3,11 m Bredd: 1,24 m Höjd: 1,04 m Rotor: Ø 3,40 m	100 kg / 200 kg	TN och GPS / i.u.	6 timmar (med 25 kg nyttolast) / 43/97 M	55 knop / 120 knop	50 kg
Vantage	CybAero AB (NRL) Sverige (USA)	Längd: 2,84 m Bredd: 1,00 m Höjd: 1,20 m Rotor: Ø 2,77 m	i.u. / 173 kg	GPS / Flygbränsle	3 – 5 timmar / i.u.	i.u. / 100 knop	11 – 16 kg
Skeldar V-150	Saab Aerosystems Sverige	Längd: 4 m Bredd: i.u. Höjd: 1,20 m Rotor: Ø 3,30 m	i.u. / 150 kg	GPS / Bensin	5 timmar / 54 M	i.u. / 80 knop	i.u.
Fire Scout	Northrop Grumman USA	Längd: 7,00 m (hopfälld) Bredd: i.u. Höjd: 2,90 m Rotor: Ø 8,40 m	660 kg / 1430 kg	GPS / Flygbränsle	> 5 timmar (med max. nyttolast) / 110 M	i.u. / 125 knop	270 kg
Eagle Eye	Bell Helicopter USA	Längd: 5,5 m Vingspann: 4 m Höjd: 1,9 m Rotor: Ø 2,9 m	i.u. / 1020 kg	TN och GPS / Flygbränsle	6 timmar (med 90 kg nyttolast) / 100 M	90 knop / 220 knop	225 kg
Hummingbird	Boeing USA	Längd: 10,7 m Bredd: i.u. Höjd: i.u. Rotor: Ø 11,0 m	i.u. / 2500 kg	i.u. / Flygbränsle	10 timmar (med 136 kg nyttolast) / i.u.	60 knop / 140 knop	136 – 450 kg
C1000	SkyShips Ltd Storbritannien	Längd: 9 m Bredd: i.u. Höjd: 3,05 m	i.u. / 30 kg	GPS / Elmotorer	2 timmar / 1,35 M	i.u. / 30 knop	7 kg

2008-12-02

Camcopter S-100 är en VUAV som enligt tillverkaren har möjlighet att starta, flyga och landa helt autonomt. Nyttolast kan bäras i två interna lastutrymmen eller monteras på skrovet. Som möjlig nyttolast anges bl.a. EO/IR-sensorer, lasersensorer och radar (SAR). Start och landning med systemet har bl.a. provats ombord på tyska flottans Braunschweig-korvetter. [4], [24], [25], [26]

Vantage är ursprungligen framtagen av US Naval Research Laboratory (NRL), och utvecklas i dag i ett samarbete mellan det svenska företaget CybAero och NRL. Den rotorburna UAV:n uppges kunna bära lätt utbytbar nyttolast och är storleksmässigt avsedd att kunna transporteras i lätta fordon som HMMWV. CybAero har även tagit fram UAV-systemet Apid 55. [27], [28], [29]

Skeldar V-150 bygger på samma grundkonstruktion som Apid 55. Luftfartyget är en VUAV som designats för att kunna bära olika typer av nyttolast, t.ex. EO/IR-sensorer, radar (SAR) och sensorer för elektronisk krigföring. Saab planerar att utveckla en marin variant, benämnd Skeldar M eller V-250 som ska drivas med flygbränsle, ha större lastkapacitet och med räckvidden utökad till 97 M. [4], [30], [31]

Fire Scout är en VUAV med förmåga att verka autonomt från fartyg med kapacitet att hantera flygande plattformar som finns i två versioner; Army och Navy. I den marina versionen används STANAG 4586 för att åstadkomma interoperabilitet för nyttolasten, som i grundutförande består av EO/IR-sensor med avståndsmätning och relästation för röst- och datakommunikation. Modulärt utbytbar nyttolast kan dessutom bestå av bl.a. radar (SAR/MTI), satellitkommunikationssystem och sonarbojfallare. [4], [6], [32], [33]

Eagle Eye, som tagits fram för amerikanska kustbevakningen (USCG), är en hybrid-UAV som ska kunna starta och landa automatiskt. UAV:n kan fällas ihop och får då yttermått 5,03 x 3,13 x 1,88 m. Nyttolasten utgörs av EO/IR-sensor och radar. USCG överväger, efter förseningar i projektet, att anskaffa ett annat UAV-system. [4], [5], [34], [35], [36]

Hummingbird är en VUAV som utvecklats för amerikanska flottan, armén och specialförband och som är designad för att ha bättre uthållighet, större lastkapacitet och kunna flyga högre och längre än konventionella helikoptrar. Nyttolasten består av bl.a. EO/IR-sensorer. [4], [6], [37]

2008-12-02

C1000 är en brittisk luftskepps-UAV avsedd för civil användning, som t.ex. övervakning av folkmassor med en gyrostabiliserad kamera. Ett annat exempel på luftskepps-UAV, som p.g.a. sin storlek inte tagits med i sammanställningen, är en drygt 60 m lång prototyp som amerikanska flottan avser använda för bl.a. utprovning av nya sensorsystem. [4], [6], [38]

I de källor som använts som underlag för att beskriva de olika UAV-systemen finns generellt inga mer ingående beskrivningar av de olika delsystem eller komponenter som kan ingå, oftast saknas mer utförlig information om vilka sensorer som ingår i tänkt nyttolast. Hos t.ex. tillverkaren av Camcopter framgår att inga färdiga nyttolastalternativ tagits fram för detta system, istället erbjuds möjlighet att integrera nyttolast som uppfyller de krav en kund ställer i UAV-systemet. Ett undantag utgörs av den relativt utförliga information som lämnas om de delsystem som USCG tänkt använda i Eagle Eye, där fabrikat och typ för både start- och landningssystem och nyttolast framgår.

2.4 Diskussion och delresultat

För de uppgifter som Korvett typ Visby ska kunna användas till finns många exempel på hur samverkan mellan fartyg och flygande system på olika sätt tidigare har använts och bidragit till uppgifternas lösande, t.ex. ubåtsjakt i samverkan med sonarutrustad helikopter och havsövervakning i samverkan med radarspanande flygplan. Bland de sjöoperativa uppgifter som Helikopter 15 är framtagen för är det framförallt vid olika slags spaningsuppgifter som ett UAV-system skulle kunna bidra, och det är även tänkbart att utnyttja en UAV för transport av materiel med små vikter och volymer. Ett UAV-system skulle också kunna utnyttjas för uppgiften undsättning av nödställda, och då i den del av uppgiften som utgörs av Search i det engelska uttrycket för denna uppgift, Search and Rescue (SAR). Både fartygs- och helikoptersystemen har utrustning för att kunna göra sin identitet och position känd för omvärlden, dels det civila AIS-systemet och dels det militära igenkänningssystemet IFF, något som också kan behövas på ett UAV-system som ska uppträda i samma omgivning.

För de UAV-system som ingår i den sammanställning som tagits fram för att ge en bild av vad som är möjligt att uppnå med dagens tekniknivå, finns i det underlag som använts inget enhetligt sätt att ange data och prestanda. Som exempel på detta kan nämnas att bränslevikt ibland räknas in i den lastkapacitet

2008-12-02

som anges för luftfartyget och det inte alltid framgår med vilken nyttolastvikt som maximal uthållighet kan uppnås. Slutsatsen av detta blir att data och prestanda måste presenteras på ett entydigt sätt om en jämförelse mellan olika UAV-system ska kunna göras vid t.ex. vid en anskaffning.

Den information om data och prestanda har gått att hämta från källor som utges av någon än tillverkarna själva, som t.ex. US DoD, överensstämmer i stort med de uppgifter som de olika tillverkarna av UAV-system själva lämnar. Trots de skillnader som finns i hur data och prestanda anges bedöms de uppgifter som tagits fram sammantaget ge ett tillräckligt säkert underlag av vad som är möjliga att uppnå för ett UAV-system med dagens tekniknivå, för att kunna användas som allmängiltiga data och prestanda för fartygsbaserade UAV-system av olika typer och storlek senare i arbetet.

I alla de fall där möjlig nyttolast presenteras utgörs den av någon form av sensorsystem, där EO/IR-sensorer är vanligast och radarsensorer i olika tillämpningar följer därefter. För de UAV-system som tagits med i jämförelsen finns enligt underlaget oftast möjlighet att byta ut olika delar av nyttolasten, däremot framgår inte, förutom för Eagle Eye, detaljer kring tänkta lastalternativ

Möjligheterna att anskaffa ett färdigutvecklat system avsett att kunna baseras ombord på örlogsfartyg i korvettstorlek bedöms, åtminstone av ett antal europeiska länder, som begränsat. Ett eventuellt svenskt deltagande i MTUAS-projektet tyder på att den uppfattningen delas av Försvarmakten.

Delresultat för kapitlet

Ett UAV-system kan ha samma behov av AIS- och IFF-transpondrar som ett sjöoperativt helikoptersystem. Detta eventuella behov kommer inte att undersökas närmare, men kommer att tas med i arbetet som ett möjligt krav.

Vid kravställning på ett UAV-system måste specifikation av under vilka förhållanden olika prestanda ska anges ingå, t.ex. om drivmedlets vikt ska räknas in i lastkapacitet, med vilka vikter på nyttolast som önskad uthållighet kan uppnås och i vilka hastigheter en UAV kan uppträda om maximal uthållighet ska uppnås. Data och prestanda för de UAV-system av olika typer och storlek som presenterats här kommer senare i arbetet att användas som utgångspunkt för vad som är tekniskt realiserbart.

2008-12-02

Systemlösningar från de UAV-system som presenterats här, även i sådana delar som inte diskuterat i detta kapitel kan, och kommer att, användas som exempel för att visa vilka prestanda olika delsystem kan uppnå senare i arbetet. Exempel på detta är de EO/IR- och radarsensorer som ingår i nyttolasten för Eagle Eye, som kommer att användas i Kapitel 5.

För möjligheten att anpassa nyttolastens sammansättning med hänsyn till aktuell uppgift kommer fortsättningsvis begreppet modulärt utbytbar nyttolast att användas i detta arbete.

3 Regelverk, interoperabilitet och standarder

Avsikten med detta kapitel är att ge en översikt av de regelverk och standarder som finns inom området, utan att beskriva detaljer kring de säkerhetskrav som ett fartygsbaserat UAV-system sannolikt måste uppfylla. Tyngdpunkten i den redovisning av Försvarmaktens regelverk som sker ligger istället på hur de kan tillämpas för att ett fartyg ska uppfylla de säkerhetskrav som ställs för att få användas som flygplats för helikopter, som exempel på hur gränssytor mellan flygande system och fartygssystem kan hanteras med dessa regelverk. De standarder som Nato tagit fram och som kan ha påverkan på interoperabilitet för ett UAV-system redovisas översiktligt, ett antal av dessa standarder kommer senare i arbetet att beskrivas något utförligare och användas för att beskriva tekniska krav på ett UAV-system.

3.1 Regelverk

I Försvarmakten finns två regelverk med uppenbar koppling mot ett UAV-system avsett för fartygsbaserad, Regler för militär luftfart (RML) och Regler för militär sjöfart (RMS). RML reglerar all svensk militär luftfart, för UAV-system finns regler och säkerhetskrav samlade i den UAV-policy som tidigare nämnts under rubriken Centrala begrepp. Enligt denna policy omfattas samtliga delsystem i ett UAV-system, i policyn benämnda stödsystem, av flygsäkerhetskrav som måste uppfyllas för att systemet ska anses luftvärdigt [7]. RMS ska tillämpas på alla svenska örlogsfartyg och innehåller bl.a. regler för sjövärdighet och personal, i praktiken bestämmelser för hur ett örlogsfartyg ska vara utformat, utrustat och bemannat för att uppfylla sjösäkerhetskrav [39].

3.1.1 Flygplatsfunktion Korvett typ Visby

I skrivelsen *Kv typ Visby flygplatsfunktion* beskrivs de flygsäkerhetsrelaterade krav som måste uppfyllas för att Korvett typ Visby ska kunna erhålla ett RML-godkännande för flygplatsfunktionen och hur kraven ska uppfyllas. Skrivelsen innehåller beskrivningar av bl.a. de installationer ombord på fartyget som ska användas för att; taktiskt leda helikopteroperationer, genomföra start och landning och drivmedelsförsörja helikoptern samt de installationer som krävs för att hantera helikopterrelaterade tillbud och olyckor. Exempel på hur installationer ombord, som i sig redan uppfyller sjövärdighetskrav, kan användas eller kompletteras för att även uppfylla flygsäkerhetskrav utgörs av

2008-12-02

att fartygets spaningsradar och ledningssystem kommer att användas för flygledning och att sprinklingsinstallationen ombord modifieras så att de munstycken som finns på helikopterdeck vid brand kan användas som ett skumsläckningssystem. I skrivelsen framgår också de krav som ställs på personalen ombord i samband med helikopteroperationer, i form av både organisation och utbildningsnivå för olika befattningshavare. Sammantaget ges en bild av hur installationer i ett fartygssystem som i sig uppfyller krav enligt RMS kan anpassas för att även uppfylla de krav som ställs i RML. [40]

3.2 Interoperabilitet och standarder

Den standard som inom Nato tagits fram för att hur ett UAV-system ska uppnå interoperabilitet, STANAG 4586, har i detta arbete använts för att visa hur ett UAV-system kan delas upp i fem olika delsystem. I standarden beskrivs bl.a. hur gränssytor mellan delsystemen ska vara utformade för att systemet som helhet ska kunna nyttjas interoperabelt vid en insats, med interoperabilitet avses då t.ex. att ett UAV-system ska kunna användas som en gemensam resurs och att den underrättelseinformation som ett UAV-system kan ge ska kunna användas av de förband som deltar i insatsen oavsett vem som äger UAV:n. I STANAG 4586 delas den grad av interoperabilitet som ett UAV-system kan ha in i fem olika nivåer (*Level of interoperability, LOI*) som fortsättningsvis kommer att benämnas interoperabilitetsnivåer eller LOI i detta arbete, i Tabell 4 redovisas innebörden av de olika nivåerna. [9]

Nivå (LOI)	Innebörd enligt STANAG 4586
1	UAV-relaterad data kan tas emot via t.ex. ledningsplattform (<i>Indirect receipt of UAV related data</i>)
2	UAV-relaterad data kan tas emot direkt av enhet som har direktkommunikation med UAV:n (<i>Direct receipt of ISR/other data where "direct" covers reception of the UAV data by the UCS when it has direct communication with the UAV</i>)
3	Ledning och kontroll av nyttolast, samtidigt som UAV-relaterad data kan tas emot direkt (<i>Control and monitoring of the UAV payload in addition to direct receipt of ISR/other data</i>)
4	Ledning och kontroll av UAV, förutom start och landning (<i>Control and monitoring of the UAV, less launch and recovery</i>)
5	Ledning och kontroll av UAV, inklusive start och landning (<i>Control and monitoring of the UAV (Level 4), plus launch and recovery functions</i>)

Begrepp i tabellen: Ledningsplattform utgörs i detta arbete av det fartyg som UAV-systemet är baserat ombord på. *ISR* står för *Intelligence, Surveillance, Reconnaissance* - här avses sensordata

Tabell 4. Interoperabilitetsnivåer enligt STANAG 4586

STANAG 4586 innehåller också hänvisningar till standarder för datalänk och nyttolast som kan användas för att uppnå interoperabilitet;

2008-12-02

- *STANAG 7085 Interoperable Data Links for Imaging Systems*
- *STANAG 7023 Air Reconnaissance Primary Imagery Data Standard*
- *STANAG 4545 NATO Secondary Imagery Format*
- *STANAG 4607 NATO GMTI Format*
- *STANAG 4609 NATO Digital Motion Imagery Format*
- *STANAG 7024 Imagery Air Reconnaissance Tape Recorder Standard*
- *STANAG 4575 NATO Advanced Data Storage Interface (NADSI)*

Ytterligare två Natostandarder med inriktning mot UAV-området har identifierats; *STANAG 4671 Unmanned Aerial Vehicles Systems Airworthiness Requirements (USAR)* och *STANAG 4670 Recommended Guidance for the Training of Designated Unmanned Aerial Vehicle Operator (DUO)*.

3.3 Diskussion och delresultat

Vid kravställning på ett fartygsbaserat UAV-system måste självfallet de olika regelverk som finns uppfyllas, i annat fall får man helt enkelt inte använda materielsystemet. Att identifiera vilka regler som ska gälla för ett sådant UAV-system bör kunna göras med utgångspunkt i det arbete som gjorts för flygplatsfunktionen på Korvett typ Visby, då de regelkrav ett ombordbaserat UAV-system omfattas av sannolikt kan hanteras i likhet med hur RML och RMS används för gränssytor mellan helikopter och fartyg. För fartyg med RML-godkänd flygplatsfunktion för helikopter verkar det rimligt att delar av både godkännandet och installationerna i sig kan användas även för ett UAV-system, t.ex. med avseende på hur tillbud och olyckor vid landning hanteras.

Genom att utgå från de interoperabilitetsnivåer som beskrivs i STANAG 4586, och för de olika delsystem som ingår i ett fartygsbaserat UAV-system genom att hänvisa till de andra standarder som STANAG 4586 nämner, kan de tekniska krav som ett fartygsbaserat UAV-system måste uppfylla för att uppnå önskad grad av interoperabilitet beskrivas med standardiserade lösningar.

STANAG 4671 behandlar huvudsakligen vingburna luftfartyg och bland de områden som uttryckligen inte omfattas av denna standard ingår basering av ett UAV-system till sjöss (*Sea-basing*). STANAG 4670 fastställer riktlinjer för utbildning av en UAV-operatör, ett område som inte omfattas här. Ingen av dessa två standarder kommer att användas i det fortsatta arbetet.

2008-12-02

Delresultat för kapitlet

Både flyg- och sjösäkerhetsrelaterade krav i Försvarens olika regelverk måste uppfyllas av ett fartygsbaserat UAV-system.

Möjligheterna att använda redan befintliga helikopterinstallationer ombord även för ett UAV-system kommer att tas upp i Kapitel 6.

Standarder som tagits upp i detta kapitel kommer, där de är tillämpliga, att användas för att beskriva tekniska krav för olika delsystem i ett fartygsbaserat UAV-system.

4 Scenario

Avsikten med detta kapitel är att visa på vad ett fartygsbaserat UAV-system kan bidra med vid lösandet av sjöoperativa uppgifter. Detta görs genom att först utifrån ett scenario med två händelser beskriva behov på taktisk nivå och sedan resonera kring hur dessa behov kan mötas med ett UAV-system utrustat med sensorsystem som nyttolast, alltså vilka egenskaper systemet måste ha för att lösa de aktuella uppgifterna. Som delresultat redovisas, utifrån de taktiska behoven, **egenskapskrav** på de delsystem som ingår i ett UAV-system.

Uppgifterna i scenariot och händelserna utgår från hur grundläggande förmågor (ledning, verkan, rörlighet, skydd, underrättelser och uthållighet) för marina stridskrafter beskrivs i *Doktrin för marina operationer*, och exempel ur doktrinen på hur dessa förmågor kan användas när sjöoperativa uppgifter ska lösas. I doktrinen framgår att marina stridskrafter bl.a. ska ha

Förmåga till att skydda sjötransporter och att skydda kustnära samhällsintressen. Förmågan kan även användas mot piratverksamhet och till övervakning och områdeskontroll. [41]

och vilka typer av marina system som kan användas för olika slags spaning;

- För ständig övervakning med hög tillgänglighet – markbundna radarstationer, fasta passiva och aktiva undervattenssensorer samt fartyg till sjöss (över och under vattenytan)
- För reaktiv spaning med övervakningssystem som snabbt kan ge detaljerad information om inträffade händelser - fartyg till sjöss, obemannade system som UAV (Unmanned ariel [sic!] vehicle), helikoptrar etc
- För aktiv spaning - alla de marina systemen. [41]

4.1 Scenario och uppgifter

En multinationellt sammansatt styrka med marina stridskrafter från olika europeiska nationer genomför en operation som syftar till att säkerställa sjötransporter av förnödenheter till ett område som under flera års tid varit drabbat av inbördeskrig, missväxt och epidemier. Rutten för de handelsfartyg som genomför transporterna passerar utanför regionen Chuju-Hakuna där

2008-12-02

lokala krigsherrar utropat en självständig republik. Från den skärgård som omger Mwanaume Kirauni har de senaste månaderna minst trettio försök att kapa fartyg som passerar området på väg mot den fredliga urlastningshamnen Gogokisawa cirka 250 nautiska mil nordväst om skärgården genomförts. De pirater som genomfört attackerna uppträder i både snabba gummibåtar och mindre fiskebåtar och är beväpnade med handhållna vapen. Attackerna har huvudsakligen genomförts under dygnets mörka timmar, men även i dagsljus när de kraftiga regnskurar som ofta uppträder i området försämrar den optiska sikten. Det svenska bidraget till fartygsstyrkan består bl.a. av en korvett med UAV-system, som i scenariot är ett av två örlogsfartyg i operationsområdet. Övergripande uppgifter för de fartyg som ingår i styrkan är;

- **Havsövervakning** i syfte att ge högre chef underlag för gemensam marin lägesbild (RMP, *Recognised Maritime Picture*) genom spaning mot mål som uppträder i området. Så långt möjligt ska upptäckta mål klassificeras och identifieras, och baseringsområden för misstänkta pirater lokaliseras.
- **Skydda** sjötransporter från piratverksamhet vid passage genom att eskortera de handelsfartyg som passerar området och förhindra attacker mot dessa, om nödvändigt med vapenmakt.

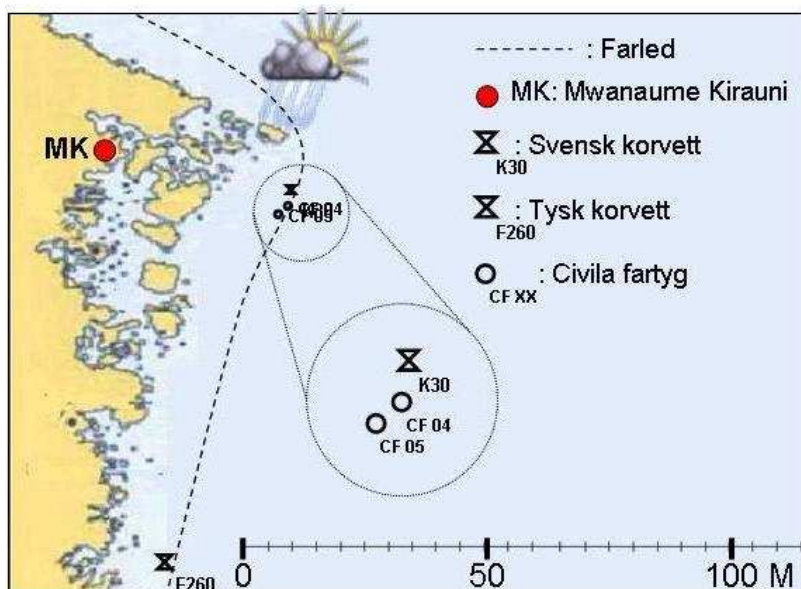


Bild 3. Scenariots operationsområde

Den taktiska situationen i operationsområdet när de händelser som beskrivs nedan börjar är beskriven i Bild 3 och består i att två civila fartyg på nordlig kurs eskorteras i 12 knops fart av den svenska korvetten, som befinner sig cirka

2008-12-02

40 distansminuter ost om Mwanaume Kirauni. Avståndet från konvojen till den punkt där farleden viker av mot nordväst är cirka 25 nautiska mil. Ett kraftigt regnväder är på väg in från norr, i samband med regnvädrat väntas ökande vindar ge en våghöjd på uppemot fyra meter i de norra delarna av området. Det är snart skymning och beräknas vara helt mörkt om två timmar. En tysk korvett med UAV-kapacitet är på väg in i området från söder.

4.1.1 Händelse 1. Upptäckt av ytmål

Fyra små ytmål, som rör sig norrut mellan de yttre öarna rakt väster om den svenska korvetten, upptäcks med fartygets spaningsradar. Målen försvinner efter en stund i radarskugga bakom de nordligaste öarna i skärgården. Det taktiska behovet vid denna händelse består i första hand av att återupprätta kontakt med, alltså återigen upptäcka, de mål som försvann i den norra delen av området för att avgöra om de befinner sig i ett läge där de kan utgöra ett hot. Efter målupptäckt kan ett behov av att klassificera och identifiera målen uppstå, då för att kunna konstatera om de utgör ett hot eller kan avfärdas.

4.1.2 Händelse 2. Identifiering av ytmål

Samtidigt som målen i den första händelsen försvinner i radarskugga upptäcks på radar tre snabba ytmål som till en början snabbt närmar sig konvojen från sydost för att sedan ändra kurs och sakta gå tillbaka in mot skärgården. Målen klassificeras med fartygsburna sensorer optiskt som gummibåtar, men avståndet är för stort för att säkert kunna identifiera om målen är tidigare kända pirater. Det taktiska behovet som uppstår är att först identifiera målen och sedan, om de kan konstateras vara pirater, dessutom lokalisera deras bas.

4.2 Diskussion och delresultat

Den största skillnaden mellan de taktiska behov som uppstår som en följd av de två händelserna består i att den första händelsen kan komma att ställa krav på kapacitet att verka i hela spaningskedjan (upptäckt, klassificering och identifiering), medan den andra händelsen utgår från ett redan känt målläge och i spaningshänseende endast omfattar uppgiften identifiering.

De två händelserna resulterar tillsammans i ett behov för korvetten att kunna verka på minst två men helst tre platser samtidigt; i direkt närhet till de civila

2008-12-02

fartyg som eskorteras för att kunna skydda dessa mot eventuella nya hot, på en position som medger spaning efter de mål som försvann norrut för att utröna om de utgör ett hot och så nära de båtar som vände in mot land att de kan identifieras och eventuellt förföljas till sin basering.

Under förutsättning att korvetten inte kan lämna konvojen kan, vid den första händelsen, ett UAV-system nyttjas för att leda en sensorbestyckad UAV till ett läge norr om skärgården och därifrån spana efter de mål som försvann bakom öarna. Här måste i första hand små ytmål kunna upptäckas med den nyttolast som luftfartyget bär med sig, vid upptäckt kan ett behov av att klassificera och identifiera målen i de ljus- och väderförhållanden som råder uppstå. Om inte ytterligare resurser ska behöva tillföras till platsen måste då den nyttolast som bärs med av luftfartyget bestå av sensorer med kapacitet i hela spaningskedjan. För att fartyget ska kunna tillgodogöra sig sensordata från UAV:n, och leda den, måste information kunna överföras på aktuella avstånd. Luftfartyget måste ha tillräcklig uthållighet för att kunna spana i aktuellt område åtminstone fram till dess att konvojen har förflyttat sig till en position från vilken fartygsburna sensorer på korvetten kan verka.

I den andra situationen kan en UAV med sensorer som nyttolast användas för identifiering av målen, och vid behov för att försöka lokalisera basområde för piraterna genom att förfölja målen in i skärgården. Även här måste aktuella ljus- och väderförhållanden kunna hanteras, samtidigt som ett behov av att kunna överföra data och leda UAV:n i skärgårdsmiljö kan uppstå. Avståndet mellan fartyg och UAV kommer i detta fall hela tiden att öka vilket, förutom att system för informationsöverföring påverkas, medför att luftfartyget när det ska återgå till sin bas ombord måste ha förmåga att hinna ikapp konvojen. Ett alternativ som här skulle kunna ge längre tid för luftfartyget i det intressanta området är att ledning av UAV och nyttolast lämnas över till den tyska korvett som är på väg att ansluta söderifrån.

Spaningsavstånd för upptäckt bestäms i den första händelsen av storleken på det område där spaningen ska genomföras, området som för fartygets egna sensorer döljs av öar är mer än tio nautiska mil brett och upptäckt bör därför

2008-12-02

kunna ske på avstånd som räknas i kilometer för att så stor del av området som möjligt ska kunna övervakas kontinuerligt. För den spaningsuppgift som består i identifiering blir det hot som eventuella pirater kan utgöra mot sensorbäraren dimensionerande, med ett hot som utgörs av handhållna vapen från små båtar till sjöss bör i dagsljus något hundratal meter vara ett relativt säkert avstånd för den lilla måltavla en UAV utgör, i mörker kan avståndet minska ytterligare. För klassificering hamnar dimensionerande avstånd någonstans mittemellan upptäckt och identifiering.

Om båda händelser ska kunna hanteras med två luftfartyg i luften samtidigt innebär detta, förutom att minst två UAV:er måste kunna baseras ombord, att ledning av två luftfartyg med nyttolast måste kunna ske parallellt samtidigt som sensordata ska kunna tas emot från två skilda källor. I båda situationerna finns också ett behov av att kunna landa med UAV efter mörkrets inbrott och i rådande väderförhållanden. Åtminstone i den andra händelsen finns det även ett behov av att snabbt kunna starta med UAV från fartyget, för att inte tappa kontakten med de mål som är på väg in mot land.

Delresultat för kapitlet

De egenskapskrav som redovisas här kommer senare i arbetet att användas som ingångsvärde för att ta fram prestandakrav för delsystemen i ett UAV-system.

Nyttolast (vid spaning mot ytmål) ska bestå av sensorer med allväderskapacitet (dagsljus, mörker, nederbörd och nedsatt sikt) med förmåga att upptäcka, klassificera och identifiera mål i storlekar från små öppna båtar (upptäckt) ned till personal i båtarna (identifiering). Lastalternativ för nyttolast bör medge att hela spaningskedjan täcks in, med spaningsavstånd som räknas i kilometer för upptäckt ned till något hundratal meter för identifiering.

Datalänk ska kunna överföra sensordata samt data för ledning och kontroll av luftfartyg och nyttolast över relativt stora avstånd (tiotal nautiska mil), oberoende av väderlek och över både öppet hav och skärgårdsterräng. Fartygsburen del av länksystemet bör kunna hantera sensordata från, och ledningsdata för, minst två UAV:er som används samtidigt.

2008-12-02

UAV-ledningssystem ska ha förmåga att samtidigt leda två luftfartyg med nyttolast, och bör ha förmåga att lämna över ledning och kontroll av UAV och nyttolast till annat fartyg med interoperabelt UAV-ledningssystem.

Start- och landningssystem ska medge förmåga till start och landning i grov sjö dygnet runt. Förmåga att vid behov snabbt starta en UAV ska finnas.

Luftfartyget ska ha förmåga att; bära den nyttolast som krävs för aktuella uppgifter och den luftburna delen av datalänksystemet, med god uthållighet (timmar) verka i aktuellt område och kunna förflytta sig snabbare än det fartyg UAV-systemet är baserat ombord på, i detta fall konvojens fart.

Brister i scenariot?

Att som här enbart använda UAV-system för reaktiv spaning är kanske inte helt realistiskt, ett mer realistiskt taktiskt utnyttjande i scenariot skulle vara att använda en UAV för aktiv spaning för att redan innan passage in i ett potentiellt farligt område ha upprättat en viss grad av områdeskontroll. Ett sådant taktiskt nyttjande i scenariot skulle dock ha krävt antaganden om både uthållighet och räckvidder för ett UAV-system och valdes därför bort.

I scenariot används ett UAV-system där (minst) två luftfartyg ingår för att lösa två skilda uppgifter, men även i ett scenario där bara en händelse åt gången ska hanteras kan ett behov av att kunna hantera två UAV i luften samtidigt uppstå, t.ex. i en situation där uthållighet för ett UAV-system blir gränssättande och medför att två luftfartyg måste nyttjas för att hela tiden kunna ha en UAV i det intressanta området.

Den hastighet en UAV måste kunna förflytta sig med kan i ett annat scenario bli beroende av den högsta fart det fartyg UAV-systemet är baserat ombord på kan hålla, i den sammanställning av krav på luftfartyget som görs i Kapitel 7 kommer högsta fart för fartyget att användas för att täcka in andra scenarion.

Det regnväder som i scenariot ger sämre optiska siktförhållandena skulle lika gärna ha kunnat illustreras med snöfall, dis eller dimma.

5 Nyttolast, datalänk och UAV-ledningssystem

I detta kapitel kommer de **egenskapskrav** som scenariot resulterade i att omvandlas till **prestandakrav** för delsystemen nyttolast, datalänk och UAV-ledningssystem. För att få en tydlig spårbarhet från egenskapskrav till prestandakrav kommer avsnitten i detta kapitel att inledas med en kort diskussion om hur delresultaten från föregående kapitel kan realiseras, d.v.s. vilka tekniska lösningar som kan ge kapacitet att uppfylla de efterfrågade förmågorna för respektive delsystem. De Natostandarder som är tillämpbara för de olika delsystemen kommer att beskrivas kortfattat, och om möjligt att användas för att formulera prestandakrav. Systemexempel från de UAV-system som presenterades i Kapitel 2, kompletterat med andra exempel på systemlösningar hämtade från olika tillverkare, kommer att användas för att visa vilka prestanda olika delsystem kan uppnå.

5.1 Nyttolast

Nyttolast är i detta arbete avgränsat till att endast omfatta spaningssensorer, och för detta delsystem utgör delresultatet från föregående kapitel egenskapskrav på; under vilka förhållanden sensorerna ska kunna verka (allväderskapacitet; dagsljus, mörker, nederbörd och nedsatt sikt), mot vilka typer av mål de ska dimensioneras (ned till enskilda personer) och att hela spaningskedjan (upptäckt, klassificering och identifiering av mål) bör täckas in i ett och samma lastalternativ för ett UAV-system. De två sensortyper som är vanligast förekommande hos de befintliga och planerade UAV-system som beskrivs i Kapitel 2, EO/IR-sensorer och olika radarsensorer, kommer efter en kortfattad beskrivning av hur de fungerar i var sitt avsnitt, med exempel på befintliga sensorer, att användas för att visa vilka krav de ställer på övriga delsystem.

De Natostandarder som är tillämpliga för kravställning på nyttolast i form av EO/IR- och radarsensorer styr inte utförande eller prestanda för själva sensorerna, utan beskriver istället de olika dataformat som används för att uppfylla krav på interoperabilitet när sensordata ska överföras, här via datalänk från en UAV, för att senare kunna presenteras i t.ex. olika ledningssystem. Standarder som kan användas för detta ändamål är bl.a. STANAG 7023 [42] som behandlar dataöverföring från bildalstrande sensorer som t.ex. EO/IR-sensorer och radarsensorer med hög upplösning, STANAG 4609 [43] som

2008-12-02

omfattar dataöverföring av rörliga bilder med olika upplösning, upp till High Definition-format (HD) 1280x720 pixlar och STANAG 4607 [44] som definierar ett protokoll för hur GMTI-data ska presenteras.

5.1.1 EO/IR-sensorer

Optroniska sensorer arbetar i våglängdsområdet 0,2 till 14 μm . Detta område delas normalt in i ultraviolett (UV), visuellt (VIS), infrarött (IR), nära infrarött (NIR) och termisk infrarött (TIR). Exempel på passiva sensorertillämpningar är; i UV-området robotvarnare, i det visuella området elektrooptiska (EO) sensorer som digitala kameror och i IR-området olika bildalstrande system somIRST (InfraRed Search and Track) och FLIR (Forward Looking InfraRed). FLIR-system har typiskt en upplösning på 0,1 till 1 mrad och finns i bl.a. UAV:er. Exempel på aktiva sensorer, där detektion sker med hjälp av en belysande strålningskälla (som vanligtvis utgörs av en laser) och en mottagare, är laseravståndsmätare, avbildande laserradar och optikspanare. Lasersensorer avsedda för avståndsmätning, som arbetar på ögonsäkra våglängder kring 1,5 μm , kan ha en räckvidd på 10 till 20 km vid goda siktförhållanden. Optroniska sensorers förmåga till detektion kan påverkas negativt av väderförhållanden; regn och snö påverkar hela våglängdsområdet ungefär lika mycket, i torrdis och rök påverkas TIR-sensorer mindre än sensorer som verkar i det visuella området medan moln och tät dimma och skärmar av IR-strålning. Vid hög luftfuktighet och temperaturer över 25°C påverkas TIR-sensorer som arbetar i området 3-5 μm mindre än sensorer som använder området 8-12 μm , medan det motsatta vanligtvis gäller på nordliga breddgrader. [45]

5.1.2 Systemexempel EO/IR-sensorer

De två EO/IR-sensorer som används som systemexempel kommer båda från samma tillverkare, FLIR Government Systems. Star Safire III är tänkt som nyttolast i Eagle Eye, och Talon används som exempel på en mindre och lättare EO/IR-sensor. Båda exemplen innehåller en kombination av olika sensorer (TV-kamera, bildalstrande IR-sensor och laser för avståndsmätning) som tillsammans är monterade i en kardanupphängd enhet, en s.k. gimbal. Utförliga data för sensorerna redovisas i Bilaga 2, ett urval av data presenteras i Tabell 5.

2008-12-02

	Star Safire III [46]	Talon [47]
EO-sensor	TV-kamera (Färg) med 18X zoom	TV-kamera (Färg) med 10X zoom
IR-sensor (FPA)	640 x 480 InSb, 71X zoom	640 x 480 InSb, 10X zoom
Laser (ögonsäker laseravståndsmätare)	25 km räckvidd	20 km räckvidd
Mått Gimbal Kontrollenhet	380 x 450 mm 254 x 191 x 318 mm	229 x 343 mm 274 x 267 x 140 mm
Totalvikt	ca 55 kg	ca 21 kg
Kraftförsörjning	22 - 29 V DC Effektbehov: 200 W (max. 650 W)	18 - 32 V DC

I tabellen avses med;

FPA: Focal Plane Array, den teknik som används i IR-sensorerna

InSb: Den legering IR-sensorerna är utförda i, Indium antimonide

Kontrollenhet: Interface för ledning av sensorenhet och överföring av sensordata

Tabell 5. Sammanfattning av data och prestanda för EO/IR-sensorer

5.1.3 Radarsensorer

Radarsystem arbetar på bärfrekvenser från 3 MHz upp till 300 GHz och den frekvens som används påverkar både räckvidd och storlek för ett radarsystem; låg frekvens ger lång räckvidd men kräver stora antenner, för höga frekvenser gäller det omvända förhållandet. Med en radar kan avstånd och riktning till, och hastighet för, ett objekt bestämmas genom att en elektromagnetisk våg via en sändarantenn sänds ut mot objektet, reflekteras av objektet och fångas upp av en mottagarantenn. En syntetisk aperturradar (SAR) arbetar efter principen att låta liten antenn röra sig och samla in reflekterade signaler för att med hjälp av signalbehandling på syntetisk väg skapa en stor antennapertur, vilket för en bildalstrande flygburen SAR kan ge en upplösning på 10 cm för objekt på jordytan. SAR kan arbeta på två olika sätt; i stripmap-mode (strip) är radarsignalens riktning från antennen fast vilket ger ett relativt stort avsökningsområde medan antennen i spotlight-mode (spot) hela tiden riktas mot ett bestämt område vilket ger bättre upplösning på bekostnad av att det avsökta området minskar. En SAR kan, liksom en vanlig radar, förses med funktioner, benämnda Ground Moving Target Indication (GMTI) eller Moving Target Indication (MTI), som används för att upptäcka rörliga mål och som bygger på att dopplereffekt från signaler som reflekteras av rörliga mål används för att skilja dessa från t.ex. markytan. Väderpåverkan på radarsensorer är relativt liten; räckvidd och täckningsområde påverkas av anomalier i atmosfären som skiktningar eller ledskikt och den dämpning som regn, dimma eller snöfall ger ökar med ökad bärfrekvens i ett radarsystem. [45]

5.1.4 Systemexempel radarsensorer

Som systemexempel används här dels RDR-1700B från Telephonics och NanoSAR från tillverkaren ImSAR. RDR-1700B väljs eftersom den är trolig som nyttolast i Eagle Eye [35] och NanoSAR eftersom den enligt tillverkaren är världens minsta SAR och dessutom har provats på ScanEagle [21]. Data och prestanda för de två radarsensorerna redovisas mer utförligt Bilaga 3, ett urval av data och prestanda återfinns i Tabell 6.

	RDR-1700B [48], [49]	NanoSAR [21], [50], [51]
Prestanda	Målupptäckt: 1 m ² stort mål på 15 M i Sea State 3. Max. räckvidd: 120 M	Räckvidd: 1 km Upplösning: 1 m
Signalbehandling (SAR)	ingen uppgift	Inbyggd i radarenheten
Mått	ingen uppgift	158 x 190 x 114 mm
Totalvikt	ca 34 kg	0,91 kg
Kraftförsörjning	28 V DC, 22 A och 115 V AC, 400 Hz, 100 mA	ingen uppgift

Tabell 6. Sammanfattning av data och prestanda för radarsensorer

5.2 Datalänk

För delsystemet datalänk utgörs delresultatet från scenariokapitlet av krav på att kunna överföra sensordata samt data för ledning och kontroll av luftfartyg och nyttolast över avstånd på tiotals nautiska mil, oberoende av väderlek och över både öppet hav och skärgårdsterräng, samt för den fartygsburna delen av länksystemet att sensordata från, och ledningsdata för, minst två UAV med nyttolast bör kunna hanteras samtidigt.

En datalänk består enligt STANAG 4586 [9] av två huvudkomponenter (två dataterminaler) som benämns Air Data Terminal (ADT) och Ground Data Terminal (GDT). I detta arbete kommer fortsättningsvis begreppet ADT att användas för den luftburna delen av länksystemet och GDT för den fartygsburna delen, och för överföring av data till respektive från luftfartyget används benämningarna upplänk (*uplink*) och nedlänk (*downlink*). Kapacitet för dataöverföring räknas i bit per sekund, i källorna förekommer både bit/s och bps som förkortning.

För dataöverföring mellan UAV och ledningsplattform hänvisas i STANAG 4586 till *STANAG 7085 Interoperable Data Links for Imaging Systems*, men då

2008-12-02

denna standard inte är öppen (*Nato Restricted*) kan den inte användas direkt för att beskriva prestandakrav på datalänk i detta arbete. Viss information om innehållet, t.ex. vilken länkkapacitet standarden medger, går ända att ta fram genom andra källor. I *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030* [5] framgår att STANAG 7085 bygger på specifikationen för en datalänk som används i det amerikanska försvaret, Common Data Link (CDL). Här redovisas också, under rubriken Common Data Link/STANAG 7085 länkens kapacitet;

Basic CDL is a full-duplex, jam resistant spread spectrum, point-to-point digital link. The uplink operates at 200 Kbps, 400 Kbps, 2 Mbps, 10.71 Mbps, 22.4 Mbps, or 45 Mbps. The downlink can operate at 10.71 Mbps, 22.4 Mbps, 45 Mbps, 137 Mbps, or 274 Mbps. In addition, rates of 548 Mbps and 1096 Mbps may be supported in the future. [5]

Enligt FOI kan data mellan UAV och markstation principiellt överföras på flera olika sätt, där radiolänk bedöms vara den teknik som bäst svarar mot kraven på förmågor med avseende både på räckvidd och på den miljö ett UAV-system ska kunna verka i. För överföring av sensordata från nyttolasten kan en länkkapacitet på 10-20 Mbit/s krävas för EO/IR-sensorer och SAR, medan behovet av data för kontroll av UAV och nyttolast uppskattas till cirka 10 kbit/s. Räckvidd för en datalänk bestäms av bl.a. atmosfärstransmission, radioskugga, flyghöjd och antennvinst, ett sätt att utöka räckvidden för ett UAV-system kan vara att använda en UAV för att bära en relästation. [2]

5.2.1 Systemexempel Datalänk

Som exempel på befintliga lösningar för de två huvudkomponenter som ingår i en datalänk, dataterminalerna ADT och GDT, används här två produkter, Mini TCDL Transceiver och T-Series Model S Surface Terminal som enligt tillverkaren, L-3 Communications, uppfyller specifikationerna för CDL (och därmed också STANAG 7085);

ADT: Mini TCDL Transceiver uppges ha kapacitet att överföra data med upp till 45 Mbit/s med räckvidd på upp till 150 nautiska mil, beroende av bl.a. väderförhållanden och antennkonfiguration. Mått och vikt för ingående komponenter framgår av Tabell 7. Installationen kraftförsörjs med 28 V likström och med runtstrålande s.k. omni-antenn uppges effektbehovet till mindre än 60 W. [52]

2008-12-02

	Mått [cm]	Vikt [kg]
Modem	25 x 15 x 6	2,3
Förstärkare (15 W)	26 x 15 x 9	2,7
Riktantenn	25 x 16 (h x Ø)	4
Omni-antenn	4 x 5 (h x Ø)	0,1

Tabell 7. Mått och vikt för ADT-komponenter

GDT: T-Series Model S Surface Terminal ska ha kapacitet att överföra upp till 45 Mbit/s i en länk. Produkten är avsedd att användas som fartygsburen data-terminal och utgörs i grundkonfiguration av två delar; en komplett riktantenn-enhet och komponenter avsedda för installation inombords i rack av standardstorlek. Systemet är skalbart, och måste för att kunna hantera mer än en länk kompletteras med bl.a. extra antennenhet(er). Antennenheten har yttermått 180 x 150 cm (höjd x diameter) och en vikt på cirka 320 kg. [53]

5.3 UAV-ledningssystem

De egenskapskrav som Kapitel 4 resulterade i för ett UAV-ledningssystem består dels av kravet på att samtidigt kunna leda två luftfartyg med nyttolast och dels av interoperabilitetskravet på att kunna lämna över ledning och kontroll av UAV och nyttolast till annan enhet.

STANAG 4586 beskriver uppbyggnaden av ett UAV-ledningssystem med kapacitet att interoperabelt leda olika typer av luftfartyg med nyttolast, och innehåller ingen begränsning av hur antal UAV som ska kunna ledas samtidigt. Kärnan i ett UAV-ledningssystem benämns i denna standard som CUCS (*Core UAV Control System*) och är den del där de funktioner som behövs för att leda både UAV och nyttolast, och för att förmedla information till externa system finns samlade, här genereras t.ex. det grafiska gränssnitt som utgör gränssyta mot en UAV-operatör. Detta görs enligt med en principiell uppbyggnad som framgår av Bild 4, där gränssytor mellan CUCS och operatör eller externa system utelämnats. För att ett STANAG 4586-kompatibelt UAV-ledningssystem ska kunna kommunicera med olika typer av luftfartyg som inte är utformade efter denna standard kan en mjukvarubaserad UAV-specifik funktion, VSM (*Vehicle Specific Module*), användas som "översättare" av de olika dataformat som förmedlas mellan CUCS och luftfartyget. VSM-

2008-12-02

funktionen kan använda hårdvara i antingen UAV-ledningssystemet eller luftfartyget som värddator. [9]

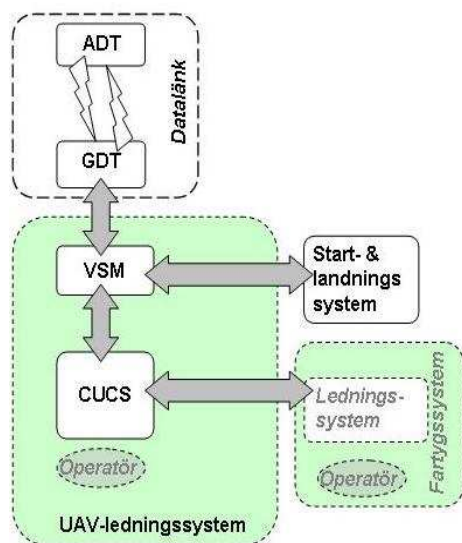


Bild 4. UAV-ledningssystem

Innebörden av de interoperabilitetsnivåer (LOI) som presenterades i Tabell 4 kan förtydligas med att LOI 2 och 3, för en UAV som bär mer än en nyttolast samtidigt kan delas upp per nyttolast och att LOI 4 inte nödvändigtvis medför att ledning av både UAV och nyttolast lämnas över. Ett UAV-ledningssystem som leder både UAV och nyttolast samtidigt arbetar alltså i både LOI 3 och LOI 4. [9]

5.3.1 Systemexempel UAV-ledningssystem

Som systemexempel används här ett UAV-ledningssystem, VCS-4586, som enligt tillverkaren själv, CDL Systems, är

... the world's first commercial off-the-shelf (COTS) control station software developed in accordance with the NATO STANAG 4586 protocol for unmanned vehicle interoperability. [54]

och som har använts för ledning av bl.a. ScanEagle. VCS-4586 beskrivs som ett mjukvarubaserat system som, oberoende av vilken hårdvara det körs på, medger samtidig ledning av flera olika typer av luftfartyg. Möjlighet att lägga in förprogrammerade flygrutter och sökmönster, att låta inriktning av en sensor mot en viss punkt styra hur UAV:n flyger och att automatisk styra dataförbindelsens antenner är några exempel på funktioner som räknas upp. Systemet har också funktioner för att stödja automatisk start och landning och har använts för att demonstrera interoperabilitet i LOI 5. [54], [55], [56], [57]

5.4 Diskussion och delresultat

För alla tre delsystem som presenterats i detta kapitel finns standarder i form av olika STANAG. För att med ett UAV-system uppnå teknisk interoperabilitet, så att de sensordata som genereras i nyttolasten, via dataförbindelse och UAV-ledningssystem, kan användas direkt i kompatibla externa system måste de

2008-12-02

standarder som finns för de olika delsystemen följas. De prestandakrav som framgår av standarderna kan användas som tekniska krav för delsystem, eller ingående komponenter, även om detaljeringsgraden i de STANAG som finns skiljer sig åt. För nyttolasten omfattar aktuella standarder endast krav på dataformat för sensorinformation, för datalänk finns i öppna källor överföringshastigheter för upp- och nedlänk tillgängliga och för UAV-ledningssystem kan gränsvärden mot t.ex. en UAV-operatör beskrivas med hjälp av STANAG 4586.

De krav som delsystemen nyttolast och datalänk tillsammans ställer på en UAV i form av både lastkapacitet (vikt och volym) och kraftförsörjning kan sammanställas först efter en definition av vilka komponenter, t.ex. vilka sensorer eller antenner, som ska ingå i UAV-systemet. Delsystemet nyttolast och de luftburna delarna av delsystemet datalänk ska kraftförsörjas av en UAV, och bör därför för att kunna utnyttja en och samma kraftkälla använda samma typ av spänning och likartade spänningsnivåer.

Nyttolast

De dimensionerande **egenskapskraven** för en nyttolast vid spaning mot ytmål från scenariokapitlet bedöms kunna uppfyllas med de två sensortyper som behandlats i detta kapitel; En radarsensor ger allväderskapacitet för spaningsuppgiften upptäckt av små ytmål och en EO/IR-sensor kan användas för att identifiera personer i öppna båtar. Prestanda för de sensorer som använts som systemexempel varierar; en större och tyngre sensor ger möjlighet till större spaningsavstånd. För att täcka in hela spaningskedjan (upptäckt, klassificering och identifiering) krävs i aktuella ljus- och väderförhållanden en kombination av både radar- och EO/IR-sensorer som nyttolast; radar för upptäckt och EO/IR-sensor för identifiering i både dagsljus och mörker. De två radarsystem som används här ligger troligtvis vad avser vikt i ytterkant av skalan för de system som är tänkta att kunna bäras av de UAV-system som återfinns i Kapitel 2; RDR-1700B är tänkt för den UAV som har näst störst lastkapacitet och NanoSAR har provats med den UAV som har lägst lastkapacitet. För det vidare arbetet kommer därför ett radarsystem med antagna data för vikt, mått och effektbehov att användas som generell radarsensor. Avseende EO/IR-sensorer kommer avrundade data för Talon att på motsvarande sätt, även om det finns EO/IR-sensorer som är betydligt mindre och lättare som skulle kunna

2008-12-02

användas. Prestandakrav för sensorerna redovisas inte i detta arbete, sensorerna har tagits med för att undersöka vilka krav de genererar på övriga delsystem. Modulärt utbyttbar nyttolast, där olika typer av nyttolast är fritt utbyttbar, skulle ge möjlighet att då en uppgift endast kräver en sensortyp utöka uthålligheten för luftfartyget genom att nyttja den överblivna lastkapaciteten för mer drivmedel. En UAV med modulärt utbyttbar nyttolast skulle också kunna användas för uppgifter där andra slags sensorer, eller annan typ av nyttolast, krävs.

Datalänk

De krav på länkkapacitet som redovisas i detta arbete kommer, med uppgifter om dataöverföringshastigheter hämtade från CDL, att referera till STANAG 7085 trots att denna standard inte är en öppen källa. Det systemexempel för datalänk som använts i detta kapitel uppfyller med 45 Mbit/s de krav på länkkapacitet som FOI anger för sensordata med marginal. Närmaste lägre överföringshastighet i STANAG 7085 ligger på 22,4 Mbit/s vilket inte ger någon nämnvärd reserv i förhållande till det av FOI angivna behovet på 10-20 Mbit/s för EO/IR-sensor eller SAR, och är otillräckligt för att samtidigt kunna överföra data från dessa två sensortyper. Den räckvidd som anges för systemexemplet (150 M) antas gälla då riktantenn används i den luftburna delen av datalänken, och uppfyller de krav på räckvidd som ställs av scenariot med råge. De UAV-system som beskrivs i Kapitel 2 har räckvidder som varierar ungefär mellan 50 och 100 M, prestanda som även de uppfyller de krav scenariot ställer. För ett av UAV-systemen, Camcopter S-100, anges två värden för räckvidd i Tabell 3 (43/97 M) vilket antas vara räckvidd med omni-respektive riktantenn. De **egenskapskrav** som ställs på att samtidigt kunna hantera sensordata från, och ledningsdata för, minst två luftfartyg samtidigt påverkar inte utformningen av den luftburna delen av ett UAV-system, men ger med det använda exemplet ett behov av mer än en antennenhet på fartyget. För Korvett typ Visby kan andra antennlösningar än de som finns i systemexemplet krävas för att inte försämra fartygets smygegenskaper.

UAV-ledningssystem

Egenskapskraven på ett UAV-ledningssystem kan uppfyllas genom att använda det systemexempel som redovisats, som även genom att vara utformat helt efter STANAG 4586 uppfyller de interoperabilitetskrav som är aktuella i

2008-12-02

scenariot. Fördelarna med ett mjukvarubaserat UAV-ledningssystem ligger främst i att det sannolikt är lättare att integrera med befintliga system ombord. Att från fartyg hantera obemannade farkoster är, om ett fartygsbaserat UAV-system införs i Försvarmakten, ingen nyhet i sig. Ledning av ett luftfartyg med sensorer som nyttolast skiljer sig principiellt inte från hur de fjärrstyrda undervattensfarkoster med undervattenssensorer som finns ombord på bl.a. Korvett typ Visby används; den sonaroperatör som manövrerar en ROV kan vara samma individ som analyserar den sensorinformation som farkosten ger till fartygets ledningssystem, men ansvaret för att hantera farkost och sensor-data kan också delas upp på flera personer. Ett mjukvarubaserat UAV-ledningssystem kan om det, helt eller delvis, integreras i de nätverk som befintliga ledningssystem ombord utgör, t.ex. CETRIS på Korvett typ Visby, användas på liknande sätt. Sensordata från en UAV skulle då kunna presenteras i samma form som data från fartygsburna sensorer, eller åtminstone i samma system beroende på hur långt integrationen drivs.

Delresultat för kapitlet

De krav som här redovisas som delresultat utgörs av två delar, dels krav på delsystemen i sig och dels krav på luftfarkosten som genereras av de olika delsystemen. Delsystemkraven tas med till det avslutande resultatkapitlet, medan de krav som ställs på luftfartyget blir ingångsvärden till UAV-kapitlet.

Nyttolast ska kunna överföra sensordata för ingående sensorer i de dataformat som beskrivs i aktuell STANAG för sensortypen. För spaningsuppgifter ska både EO/IR- och radarsensor kunna ingå i nyttolast samtidigt. De sensorer (eller annan tänkbar nyttolast) som ingår i ett fartygsbaserat UAV-system ska utformas som modulärt utbytbar nyttolast, där t.ex. olika sensormoduler ska vara utbytbara mot varandra.

Datalänk ska uppfylla krav i STANAG 7085 och ha en överföringskapacitet på minst 45 Mbit/s med en minsta räckvidd av 50 M. Den fartygsburna delen av delsystemet ska kunna hantera dataöverföring från minst två UAV samtidigt, vilket för Korvett typ Visby kan innebära att alternativa antennlösningar måste tas fram.

2008-12-02

UAV-ledningssystem ska vara utformat enligt STANAG 4586 och kunna användas för ledning av minst två luftfartyg samtidigt. Delsystemet ska kunna integreras med befintliga ledningssystem ombord, minst till den grad att sensordata från ett UAV-system kan presenteras i ledningssystemet.

Krav på luftfartyget

Luftfartyget ska ha lastkapacitet för en nyttolast som samtidigt består av både EO/IR- och radarsensorer samt vara utformat för att kunna bära modulärt utbytbar nyttolast. Lastkapacitet ska även finnas för de luftburna delarna av delsystemet datalänk. Delsystemet nyttolast och de luftburna delarna av delsystemet datalänk ska kunna kraftförsörjas.

6 Start- och landningssystem

För att ge en bakgrund till de **prestandakrav** ett start- och landningssystem för ett UAV-system avsett för ombordbaserad måste uppfylla i vad som ofta benämns "den marina miljön" inleds detta kapitel med ett avsnitt där den fysiska miljön och andra förhållanden ombord beskrivs, med exempel från Korvett typ Visby. Det inledande avsnittet innehåller också en kort del där erfarenheter från helikopterprov med Korvett typ Visby redovisas, utifrån antagandet att dessa erfarenheter av gränssytor mellan fartygs- och flygande system är representativa för den miljö ett UAV-system ska verka i ombord. Avsikten med dessa bakgrundsbeskrivningar är att ge en tydligare bild av under vilka förhållanden ett start- och landningssystem ska fungera, utöver de **egenskapskrav** (förmåga till start och landning i grov sjö dygnet runt och förmåga att vid behov snabbt kunna starta en UAV) scenariot gav som resultat.

Tillsammans med definitionen av automatisk start och landning i STANAG 4586 kommer två exempel på system som kan användas för att åstadkomma just detta för ett ombordbaserat UAV-system att redovisas.

6.1 Fysisk miljö och andra förhållanden ombord

Egenskapskravet på start- och landningssystem från scenariokapitlet, att start och landning ska kunna genomföras i grov sjö dygnet runt, kan relateras till våghöjd med hjälp av med den definition av Sea State som finns att hämta i RMS [60] och som återges i Tabell 8, där signifikant våghöjd är

... medelhöjden av den högsta tredjedelen vågor under viss tidsperiod mätt från vågdal till vågtopp. Vid en signifikant våghöjd om t ex två meter kan enstaka vågor med höjden ca fyra meter uppträda. [60]

Sea State	Benämning (på svenska och engelska)	Signifikant våghöjd (i meter)
0	Spegelblankt/Calm	0
1	Krusning/Calm	0-0,1
2	Smul sjö/Smooth	0,1-0,5
3	Svag sjö/Slight	0,5-1,25
4	Måttlig sjö/Moderate	1,25-2,5
5	Grov sjö/Rough	2,5-4,0
6	Mycket grov sjö/Very rough	4,0-6,0
7	Svår sjö/High	6,0-9,0
8	Mycket svår sjö/Very high	9,0-14,0

Tabell 8. Sea State enligt RMS

2008-12-02

Som referens är Helikopter 15 framtagen mot krav på att start och landning på Korvett typ Visby ska kunna genomföras vid sjöhävning upp till Sea State 3 och att kunna stå säkert förankrad på helikopterplattan upp till Sea State 5. [15]

Hur ett fartyg rör sig i sjögång kan matematiskt beskrivas med hjälp av de sex frihetsgrader ett fartyg har, för de olika rörelser som uppstår när ett fartyg rör sig genom vattnet används normalt de engelska uttryck som framgår av Bild 5.

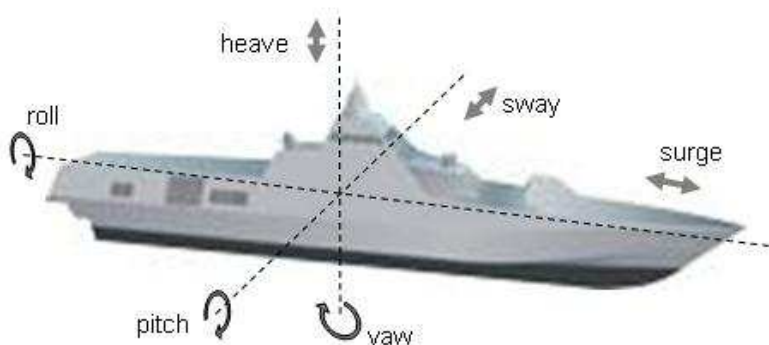


Bild 5. Fartygs frihetsgrader

Surge, sway och heave används då för att beskriva translationsrörelser i fartygets längs-, tvärskepps- och vertikalled medan roll, pitch och yaw används för rotationsrörelser. Det är i förhållande till dessa rörelser som ett luftfartyg, som i sig har motsvarande frihetsgrader, måste kunna styras på ett kontrollerat sätt vid både start och landning. Våghöjd i sig är inte den enda faktor som påverkar hur ett fartyg rör sig i sjön, fart genom vattnet och rörelseriktning i förhållande till vågorna kan anpassas för att begränsa påverkan av sjögång. Ett exempel på hur detta används ombord på en Visbykorvett är att kurs och fart vid t.ex. sjösättning av skeppsbåt till en viss gräns kan anpassas till rådande väderförhållanden, så att fartygets rörelser inte omöjliggör manövern även vid relativt stor våghöjd. Fartygets storlek inverkar också på hur stora fartygets rörelser blir, små fartyg påverkas mer av vågor än stora. [FE]

Personaltillgången ombord på en Visbykorvett som genomför verksamhet till sjöss under längre perioder är begränsad. För att kunna lösa aktuella uppgifter dygnet runt delas besättningen normalt in i ett tvåvaktsystem där ungefär halva personalstyrkan åt gången bemannar de drabbningsplatser och funktioner som krävs, medan den andra halvan vilar eller utför andra uppgifter, t.ex. rengöring och materielunderhåll. Med gående vakt kan t.ex. skeppsbåt eller ROV både sjösättas eller tas ombord, medan start och landning med helikopter kräver

2008-12-02

personal ur båda vakterna. Besättningens storlek medför också att varje individ ombord har olika tillikabefattningar. Som exempel kan en sonaroperatör ha en tillikabefattning som rökdykledare i händelse av brand ombord. [FE]

6.1.1 Erfarenheter från helikopterprov med HMS Visby

De helikopterprov som utfördes med HMS Visby och dansk Lynx-helikopter under hösten 2006 genomfördes med målsättningen dels att certifiera Korvett typ Visby som landningsplats för helikopter och dels att ta fram underlag för hur de slutgiltiga helikopterinstallationerna ombord ska se ut, och erfarenheter av hur personalen ombord ska vara organiserad vid helikopteroperationer. Den beskrivning av flygplatsfunktionen ombord som tidigare refererats till är till stor del framtagen utifrån resultatet av dessa prover. Ett ytterligare syfte med de prov som genomfördes var att ta fram SHOL (Ship Helicopter Operational Limits) för Lynx på Visbykorvett. I en SHOL beskrivs de begränsningar för helikopteroperationer som gäller för den specifika kombination av helikopter- och fartygstyp den är framtagen för. Begränsningarna uttrycks i maximal relativ vindstyrka över helikopterdeck i olika vinklar från fartygets kurslinje vid maximala fartygsrörelser i form av pitch och roll, och presenteras ofta i diagramform [FE]. Som referens till vilka vindstyrkor och fartygsrörelser som kan vara gränssättande hänvisas till de restriktioner som i Försvarsmakten används för fartyg som saknar SHOL; max. relativ vindstyrka 30 knop \pm 30° från kurslinjen vid maximalt \pm 2° i pitch- och \pm 4° i rollrörelse [61].

Ett exempel på installation som fanns monterad ombord redan vid tiden för provverksamheten är den s.k. grid som utgör den fartygsfasta delen av ett förankringssystem som en helikopter med s.k. harpunsystem kan kroka fast sig i vid landning. Den helikoptertyp som proven utfördes med är utrustad med harpunsystem, och har dessutom möjlighet att med negativ stigning på rotorbladen vid landning trycka ned helikoptern mot däck. Utan dessa funktioner skulle det inte varit möjligt att genomföra landningar i de väderförhållanden som rådde under delar av proven. [FE]

De krav som ställs på hur personalen ombord ska vara organiserad vid helikopteroperationer framgår av *Kv typ Visby flygplatsfunktion*, och medför att sammanlagt 14 personer ur fartygets besättning har uppgifter direkt kopplade till start och landning med helikopter [40]. Resterande del av besättningen har

2008-12-02

också, med olika krav på beredskap, uppgifter att fylla om ett tillbud eller olycka skulle inträffa i samband med helikopteroperationer. Under helikopterproven 2006, då ovanstående organisation användes, genomfördes start och landning med helikopter i den högsta beredskapsgraden ombord, Klart Skepp, som innebär att hela besättningen bemannar sina drabbningsplatser [FE].

Resultatet av proverna kan sammanfattas med dåvarande fartygschefens ord;

Lynx-helikopter har landat framgångsrikt ombord i Nordsjön i medelvindar på mellan 20 och 25 m/s och uppåt 30 m/s i byarna. [---] I ljuset av besättningens begränsade storlek bör det nämnas att det med dansk Lynxhelikopter genomförts 122 stycken framgångsrika landningar och starter till sjöss. [---] Ambitionen att kunna landa, surra, tanka, tvätta och starta helikopter är rimlig. Att basera helikopter långvarigt ombord kräver en större plattform än Visby. [62]

Med tvätta i ovanstående citat avses att det saltbemängda havsvatten som en helikopter när den verkar till sjöss kan utsättas för, från t.ex. överbrytande sjö när den står surrad på helikopterdäck men även vid flygning på låg höjd, ska kunna sköljas bort med färskvatten. [FE]

6.2 Systemexempel Start- och landningssystem

Till start- och landningssystemet räknas, enligt STANAG 4586, de funktioner som krävs för start och landning, och omfattar även den utrustning som krävs för att hantera en UAV i samband med dessa moment, t.ex. katapult eller surrningsutrustning för säkring. Start- och landningssystem kan vara helt eller delvis integrerat i UAV-ledningssystemet, och styrs i så fall via den UAV-specifika modulen (VSM). Start och landning kan, för olika UAV-system genomföras manuellt (d.v.s. styrt av en operatör) eller med olika grad av automatik, i STANAG 4586 beskrivs automatisk start och landning som

The ability of the AV to be launched with a single command once planning and pre-flight has been conducted and permission to launch has been granted. Includes releasing the AV from a securing device and flight of the AV to the first waypoint and the ability to land and secure the AV with a single command once the air vehicle has been stationed at a gate position no closer than 100 meters to the landing spot. [9]

2008-12-02

Som systemexempel på start- och landningssystem som medger automatisk landning används ett system som använder radar för att styra luftfartyget vid start och landning, UCARS-V2, och ett system som använder IR-teknik, SADA. Båda systemen är framtagna för att användas med fartygsbaserade UAV-system och konstruerade för att verka i den miljö som finns till sjöss.

UCARS-V2 består av två huvudkomponenter; en fartygsmonterad radarsändare (TS) som används för att följa luftfartyget vid landning och en UAV-monterad transponder (AS) Data för komponenterna framgår av Tabell 9. Systemet uppges ha gränssytor som är anpassade för STANAG 4586. Med hjälp av egna inbyggda sensorer för att känna av fartygsrörelser ska start och landning kunna genomföras utan positionsuppdatering från fartyget. UCARS-V2 kan användas med både ving- och rotorburna UAV:er [63], [64]

Komponent	TS	AS
Mått (cm)	81,28 x 99,06 x 106,68-111,76	6,35 x 9,34 x 19,83
Vikt (kg)	ingen uppgift	1,6
Kraftförsörjning	ingen uppgift	28 V DC, 25 W

Tabell 9. Data för UCARS-V2

SADA använder sig av en fartygsmonterad IR-sensor för att följa UAV:n och ska, genom att fartygsrörelser predikteras i samband med landning, klara av detta moment i upp till Sea State 5. Enligt ett pressmeddelande har systemet provats med UAV:n Camcopter ombord på fransk fregatt, och ska då ha uppnått 30 cm noggrannhet vid landning. Några data om systemets storlek och vikt ombord på fartyget, eller om det behövs någon form av IR-sändare på luftfartyget, framgår inte av källorna. SADA är enligt tillgängligt underlag endast avsett för VUAV:er. [65], [66]

6.2.1 Säkring och hantering vid start och landning

För en UAV som startar och landar vertikalt finns samma behov som för en helikopter att, helst med någon grad av automatik, säkra luftfartyget mot fartygsdäcket vid dessa manövrar. I ett examensarbete från Linköpings universitet [3], som utgör en fallstudie av hur Saabs UAV Skeldar i marint utförande ska kunna säkras på ett fartygsdäck vid start och landning, används data från sjöegenskapsprov med HMS Visby för att beräkna vilka accelerationskrafter som uppstår av fartygets rörelser i de sex frihetsgrader som tidigare redovisats. De krafter som enligt detta arbete blir dimensionerande för

2008-12-02

mekanisk säkring av en VUAV utgörs av de accelerationer i vertikal- och tvärskeppsled (heave och sway) som fartygets rörelser ger upphov till, och i de två förslag till lösning som rekommenderas används kardborrelås eller sugkoppar för att säkra luftfartyget mot fartygets däck vid landning. För att säkra luftfartyget innan start föreslås ett system där UAV:n låses fast med hydrauliskt eller elektriskt styrda sprintar.

Avseende de VUAV-system som ingick i den tidigare sammanställningen framgår i underlaget att både Firescout och Eagle Eye använder sig av harpunsystem, liknande det som används av t.ex. Lynx, för att säkra UAV:n mot fartygsdäck vid start och landning [33], [35]. För övriga VUAV i sammanställningen framgår inte hur de säkras. För de vingburna UAV-system som tagits med används katapult för start, vilket sannolikt innebär att luftfartyget säkras i katapulten före start. Vid landning har det system som ScanEagle använder, där luftfartyget fångas in av en vertikalt upphängd lina, inte återfunnits hos någon annan tillverkare medan metoden att fånga in en UAV med nät som anges för X-13 har motsvarigheter hos flera andra UAV-system [19], [23]. I underlaget saknas uppgifter om hur dessa två UAV säkras efter att ha fångats in. För luftskepps-UAV:n C-1000 anges att både start och landning sker manuellt utan närmare förklaring av vad detta innebär [38].

6.3 Diskussion och delresultat

Från delresultatet för scenariokapitlet hämtas följande **egenskapskrav** på start- och landningssystemet; ska medge förmåga till start och landning i grov sjö dygnet runt. Förmåga att vid behov snabbt starta en UAV ska finnas.

Grov sjö, eller våghöjd på uppemot fyra meter som det uttrycktes i scenariot, motsvarar enligt RMS Sea State 5 vilket också är det gränsvärde för landning som anges för SADA, ett av två systemexempel i detta kapitel. Sea State 5 är också det angivna gränsvärdet för under vilka förhållanden UAV:n X-13 ska kunna landa, den enda UAV för vilken en sådan gräns återfinns i de källor som använts för att beskriva befintliga och planerade UAV-system i Kapitel 2. Ett annat sätt att ange de begränsningar som finns vid start och landning till sjöss, SHOL, visas i avsnittet om erfarenheter från helikopterprov med HMS Visby. Genom att använda relativ vindstyrka och fartygets rörelser som gränsvärden tas med SHOL, till skillnad mot att endast ange Sea State, hänsyn till hur vågorna

2008-12-02

påverkar det fartyg som utgör flygplats. Eftersom de fartygsrörelser som ett fartygsbaserat UAV-system måste kunna hantera vid start och landning inte bara påverkas av våghöjd, utan även av t.ex. fartygets storlek och fart, bör gränsvärden för start- och landningssystem uttryckas med SHOL-liknande termer; maximal tillåten relativ vindriktning och -styrka, pitch och roll.

Dygnetruntkapacitet för automatisk landning finns i båda de systemexempel på start- och landningssystem som beskrivits, radarteknik i UCARS-V2 och IR-sensor hos SADA medför att start och landning inte påverkas av möjligheterna till optisk observation av luftfartyget. Systemen bedöms ha i stort sett likvärdig förmåga att genomföra start och landning med en VUAV i de förhållanden som scenariot gav, medan det endast är UCARS-V2 som har uttalad kapacitet för vingburna UAV-system. Vikt för, och kraftförsörjning av, den UAV-burna transponder som ingår i UCARS-V2 påverkar luftfartyget, någon motsvarighet till transpondern har inte gått att hitta hos SADA. Vid en jämförelse mellan dessa system är det också intressant att se till hur tekniken i de olika lösningarna påverkar det fartyg de installeras på; för Korvett typ Visby ger ett system som använder passiva sensorer, som SADA, sannolikt mindre påverkan på de smygegenskaper som kännetecknar fartygstypen.

Med ett start- och landningssystem som uppfyller den definition av automatisk start och landning som finns i STANAG 4586 räcker det med ”en knapptryckning” (*a single command*) för dessa både moment, vid start förutsatt att luftfartyget är klargjort och att starttillstånd finns och vid landning när UAV:n befinner sig på en förutbestämd position i förhållande till fartyget. Förmåga till snabb start av ett luftfartyg begränsas inte av ett start- och landningssystem som är utformat enligt denna definition, utan av hur lång tid det tar att klargöra luftfartyget för start alternativt hur länge en UAV kan stå startberedd på däck.

Behovet av att säkra en UAV före start och vid landning är det samma oavsett hur start- och landningssystemet i övrigt är utformat. För dessa moment gäller i detta arbete antagandet att lösningar för att säkra UAV:n som medför att fartyg som idag har kapacitet att ta emot helikopter inte längre kan använda flygplatsfunktionen ombord för detta ändamål inte skulle accepteras. För en VUAV är ett harpunsystem som kan använda redan befintlig grid ombord på t.ex. Korvett typ Visby vid både start och landning en tänkbar lösning som inte påverkar

2008-12-02

flygplatsfunktionen. För andra tänkbara lösningar, t.ex. ett kardborrelås för en VUAV eller fångstnät för en vingburen UAV, måste dessa delar av landningssystemet utformas på ett sådant sätt att de inte utgör hinder för helikopterlandning. Samma sak gäller för de delar av ett startsystem som måste finnas på däck, t.ex. en startkatapult. En UAV måste också, före start eller efter landning, kunna flyttas från och till den plats ombord där den förvaras mellan flygpas, t.ex. för att materielunderhåll på UAV:n ska kunna genomföras.

Vid start och landning med helikopter på Korvett typ Visby tas minst en tredjedel av besättning i anspråk vilket, med hänsyn till det vaktsystem som normalt tillämpas, påverkar fartygets uthållighet negativt. För att ett UAV-system avsett för ombordbasing ska kunna nyttjas utan att besättningens uthållighet blir lidande måste ett start- och landningssystem utformas så att dessa moment kan hanteras med gående vakt, i likhet med t.ex. sjösättning av ROV på Korvett typ Visby. Ett start- och landningssystem med kapacitet till automatisk start och landning borde rimligtvis medföra att ett antal av de tillikabefattningar som finns vid t.ex. helikopterlandning på Korvett typ Visby skulle kunna tas bort eller slås ihop. Den noggrannhet på 30 cm vid landning som anges för SADA ger möjlighet för en VUAV som använder harpunsystem för att säkra luftfartyget att använda befintlig grid på en Visbykorvett. Denna del av ett start- och landningssystem är, liksom resonemanget om bemanning ovan, exempel på hur redan befintliga flygplatsfunktioner ombord kan anpassas och användas även för ett fartygsbaserat UAV-system.

En fartygsbaserad UAV måste när den befinner sig på öppet däck, liksom en helikopter, tåla de miljöförhållanden som kan uppstå till sjöss, t.ex. i form av salt havsvatten från överbrytande sjöar.

Delresultat för kapitlet

Delresultat utgörs, liksom i föregående kapitel av två delar, dels krav på start- och landningssystemet i sig och dels de krav på luftfarkosten som delsystemet genererar. Delsystemkraven tas med till det avslutande resultatkapitlet, medan de krav som ställs på luftfartyget används som ingångsvärden i UAV-kapitlet.

Start- och landningssystem ska, med dygnetruntkapacitet i sjötillstånd upp till Sea State 5, uppfylla definition av automatisk start och landning i STANAG

2008-12-02

4586. Utrustning för säkring av luftfartyget vid start och landning ska ingå. Start- och landningssystem avsedda för fartyg med uttalade signaturkrav bör använda passiva sensorer.

De förhållanden som automatisk start och landning ska kunna genomföras under bör, som komplement till att endast använda begreppet Sea State, beskrivas i SHOL-liknande termer så att gränsvärden för relativ vindriktning och -styrka samt fartygsrörelser i form av pitch och roll framgår.

Delsystemet ska vara så utformat att start och landning med helikopter, för de fartygstyper som har denna kapacitet, inte hindras.

Start- och landningssystemet ska, för att inte påverka fartygssystemets uthållighet negativt, utformas för personalsnål bemanning, med målet att start och landning ska kunna utföras med gående vakt på de fartygstyper som kan vara aktuella att utrusta med ett fartygsbaserat UAV-system.

Oavsett hur delsystemet i övrigt utformas, och vilken typ av UAV som ingår, ska utrustning för att säkert kunna flytta luftfartyget mellan förvaringsplats ombord och start- och landningsutrustning ingå.

Krav på luftfartyget

Den UAV som ingår i ett fartygsbaserat UAV-system ska kunna bära och kraftförsörja eventuella transpondrar som ingår i ett start- och landningssystem.

Oavsett hur eventuell UAV-buren utrustning för säkring vid landning utformas ska vikt och volym kunna hanteras med luftfartygets totala lastkapacitet och kunna kraftförsörjas. Ett start- och landningssystem för en VUAV bör, för att kunna utnyttja redan befintliga helikopterinstallationer ombord på t.ex. Korvett typ Visby, utrustas med ett harpunsystem för säkring av luftfartyget.

En UAV måste vara specificerad för de miljöförhållanden som kan uppstå på ett oskyddat fartygsdäck.

Förmåga till snabb start av ett luftfartyg begränsas av tid för klargöring av en UAV, alternativt hur lång tid luftfartyget kan stå klargjort och startberett.

2008-12-02

7 Luftfartyg (UAV)

I detta kapitel behandlas **egenskapskrav** från scenariokapitlet, och de krav som olika delsystem genererat, som har direkt bäring på det delsystem i ett fartygsbaserat UAV-system som ett luftfartyg utgör. Här tas också exempel på egenskaper och funktioner som inte har direkt spårbarhet i tidigare kapitel upp för att komplettera de tekniska krav som ställs på en UAV.

För detta kapitel används som systemexempel de luftfartyg som ingår i de UAV-system som tidigare beskrivits i Kapitel 2. De krav som kan ställas på lastkapacitet och kraftförsörjning av olika delsystem och komponenter exemplifieras i Tabell 10 med generella vikt-, volym- och effektbehov grundade på data från tidigare systemexempel, p.g.a. den stora spridning i storlek etc. som finns för framförallt tänkbar nyttolast.

7.1 Krav på luftfartyget från scenario och övriga delsystem

För att ge spårbarhet mot tidigare delar i detta arbete kommer de krav på luftfartyget som redovisas nedan att innehålla en hänvisning till vilket kapitel de hämtats från. Krav som dubbleras kommer endast att tas upp en gång, t.ex. smälts krav på förmåga att bära nyttolast för aktuella uppgifter från scenariot samman med kravet på vilken nyttolast som ska kunna bäras från Kapitel 5. De krav som scenario och övriga delsystem genererar på det luftfartyg som utgör ett av delsystemen i ett fartygsbaserat UAV-system består av;

Lastkapacitet (avseende både vikt och volym): kunna bära en modulärt utbytbar nyttolast som samtidigt består av både EO/IR- och radarsensorer och de luftburna delarna av delsystemet datalänk (*Kap 5*) samt eventuella transpondrar och utrustning för säkring (för VUAV t.ex. harpunsystem) som ingår i ett start- och landningssystem (*Kap 6*).

Uthållighet: kunna verka i ett område med god uthållighet (timmar) (*Kap 4*).

Förflyttningshastighet: kunna förflytta sig snabbare än det fartyg UAV-systemet är baserat ombord på (*Kap 4*).

Kraftförsörjning: kunna kraftförsörja nyttolast och de luftburna delarna av delsystemet datalänk (*Kap 5*) samt eventuella transpondrar och utrustning för säkring som ingår i ett start- och landningssystem (*Kap 6*).

2008-12-02

Övrigt: En UAV måste vara specificerad för de miljöförhållanden som kan uppstå på ett oskyddat fartygsdäck, vid behov av snabb start ställs krav på tid för klargöring av en UAV alternativt hur lång tid en UAV kan stå klargjord och startberedd (*Kap 6*). Ett UAV-system kan ha samma behov av AIS- och IFF-transpondrar som ett sjöoperativt helikoptersystem (*Kap 2*).

7.1.1 Vilka andra krav kan finnas?

För de exempel på egenskaper och funktioner som tas upp här kommer också möjliga tekniska lösningar och regelverk eller motsvarande som kan påverka teknikval att beskrivas kortfattat, exemplen utgörs av;

Egenpositionering och navigation: För att kunna bestämma läge för mål som upptäcks med sensorer ingående i nyttolast måste ett UAV-system ha en känd position för sensorerna. Med det UAV-ledningssystem som tidigare använts som systemexempel kan t.ex. förprogrammerade flygrutter lägga in för luftfartyget vilket medför att någon form av navigationssystem behövs. Hos de UAV-system som redovisades i Kapitel 2 förekommer två typer av system; Tröghetsnavigeringssystem (TN-system) och satellitnavigeringssystem (GPS). Ett TN-system använder inbyggda sensorer, gyro och accelerometrar, för att beräkna position och hastighet för den plattform navigationssystemet sitter monterat i. Med satellitnavigeringssystem, som egentligen ska benämnas GNSS (Global Navigation Satellite System) där GPS (Global Positioning System) är ett av de system som finns, bestäms läge för en plattform med hjälp av radiosignaler från satelliter med känd position, och används också för att beräkna förflyttningss fart. Som exempel på storlek, vikt och prestanda för ett befintligt system där GPS och TN-system integreras, och som är avsett för små obemannade helikoptrar, används wePilot 1000 [67] som har yttermåttarna 120 x 154 x 125 mm, en vikt på 1020 g och uppges ha en positionsnoggrannhet på 3 m. Kraftbehovet uppges till 450 mA med 12 V spänning. *Försvarsmaktens riktlinjer för nyttjande och anskaffning av satellitnavigeringshjälpmedel – GNSS* [68] anger att GNSS inte ska utgöra ensamt huvudsystem för navigerings-, positionerings- och tidgivningsfunktion, men exemplifierar också med mindre UAV-system att GNSS kan accepteras som ensamt system.

Drivmedel: En fartygsbaserad UAV måste kunna drivmedelförsörjas från fartyget. Bland de tidigare beskrivna UAV-systemen finns luftfartyg som drivs

2008-12-02

med antingen bensin eller flygbränsle motsvarande den typ av bränsle, JP-5, som helikoptertankningsinstallationen på Korvett typ Visby är avsedd för [40].

Enlig RMS får, av brandsäkerhetsskäl, bensin till utombordsmotorer

... förvaras ombord i godkända tankar om högst 25 liter vardera. Tankarnas stuvningsplats skall vara på öppet däck eller i väl ventilerat utrymme i anslutning härtill. [---] Om den maximala mängden överstiger 60 liter skall behållarna vara placerade i fällbara ställningar på lämplig plats vid fartygssidan. [39]

7.2 Diskussion och delresultat

De krav på luftfartyget som tidigare kapitel har genererat kommer inte i sig att diskuteras under denna rubrik, däremot kommer den påverkan som dessa krav, tillsammans med de krav som tillkommit i detta kapitel, sammanslaget har på de prestandakrav som delsystemet UAV måste uppfylla att avhandlas.

Avsnittet inleds med en kort diskussion om de tillkommande kraven för att slutsatser av dessa krav ska kunna tas med i de sammanslagna kraven.

Även om ett **navigationssystem** definitionsmässigt ingår i den flygelektronik som utgör en del i delsystemet luftfartyg (se Bilaga 1) kommer det i detta arbete fortsättningsvis att behandlas som en fristående komponent för att enklare kunna beskriva de krav som ställs på luftfartyget. Innebörden av Försvarmaktens riktlinjer för GNSS tolkas här som att ett GPS-baserat navigationssystem inte ska utgöra det enda systemet för navigation och egenpositionering i ett fartygsbaserat UAV-system. Bland de UAV-system som används som systemexempel i detta arbete har Camcopter och Fire Scout en kombination av TN-system och GPS som navigationssystem, för övriga system där uppgifter finns används endast GPS. Då det finns små system där GPS och TN-system integrerats tillgängliga blir slutsatsen att ett system för navigation och egenpositionering ska bestå av en kombination av GPS och TN-system.

För att en UAV ska kunna drivmedelförsörjas av det fartyg där UAV-systemet ska baseras måste det drivmedel den använder kunna hanteras ombord. För de UAV-system som tagits upp som systemexempel förekommer både bensin och flygbränsle som drivmedel. Regler för förvaring av bensin ombord och det faktum att det redan finns installationer för helikoptertankning på t.ex. Korvett

2008-12-02

typ Visby leder till slutsatsen att UAV-system avsedda för ombordbaserad ska använda samma typ av **drivmedel** som helikoptrar.

	Vikt [kg]	Mått [mm]	Spänning / Effektbehov
EO/IR-sensor	20	300 x 350 (Gimbal) 275 x 275 x 150	18-32 V DC / 200 W
Radarsensor	20	200 x 350 x 125 + antenn	28 V DC / 600 W
ADT (luftburen del av datalänk)	6	250 x 150 x 150	28 V DC / 60 W
Transponder (för start- och landningssystem)	1,5	65 x 100 x 200	28 V DC / 25 W
GPS/TN-system	1	120 x 154 x 125	12 V DC / 5 W

Tabell 10. Generella behov av lastkapacitet och kraftförsörjning

Total **lastkapacitet** hos luftfartyget, avseende både vikt och volym, bestäms av; den modulärt utbytbara nyttolast som här samtidigt utgörs av både EO/IR- och radarsensorer, de luftburna delarna av delsystemet datalänk, eventuella transpondrar och utrustning för säkring i ett start- och landningssystem, ett navigationssystem som ska bestå av en kombination av GPS och TN-system samt det drivmedel som krävs för att uppnå en **uthållighet** som räknas i timmar. Uthålligheten är direkt avhängig av hur mycket drivmedel som en UAV kan ta med ombord, vid uppgifter där endast en sensortyp behöver ingå i nyttolasten bör den överblivna lastkapaciteten kunna användas för drivmedel.

De delsystem eller komponenter som en UAV ska kunna **kraftförsörja** består av nyttolast och de luftburna delarna av delsystemet datalänk, transpondrar och utrustning för säkring som kan ingå i ett start- och landningssystem samt navigationssystem. Det totala kraftbehovet bestäms av vilken effekt de delar som måste kunna användas samtidigt förbrukar, t.ex. behöver sannolikt inte de komponenter som ingår som nyttolast användas samtidigt som en transponder för start- och landningssystemet.

Luftfartyget ska, för att kunna användas utan att det fartyg UAV-systemet är baserat ombord på ska behöva anpassa kurs och fart för en återvändande UAV, kunna hålla en högre förflyttningshastighet än fartyget. För basering ombord på Korvett typ Visby innebär detta att luftfartyget måste kunna flyga snabbare än de 35 knop som är marschfart för fartyget. I praktiken måste UAV:ns fart antagligen vara väsentligt högre än fartygets för att den ska kunna flyga ifatt.

2008-12-02

En UAV måste vara specificerad för de miljöförhållanden som kan uppstå på ett oskyddat fartygsdäck och vid flygning över hav. Detta krav kan också ses som en följd av att de krav som kan finnas på att snabbt kunna starta en UAV kan innebära att den måste stå en längre tid på däck. Här kan också den tid som åtgår för klargöring, inklusive den tid det tar att förflytta luftfartyget från sin stuvningsplats till startsystemet, bli begränsande.

För flyg- och sjösäkerhetsrelaterade krav, förutom de krav som ställs på vilken typ av drivmedel som ska användas, och det eventuella behovet av AIS- och IFF-transpondrar förs inget ytterligare resonemang här.

Vid en jämförelse mellan de generella krav på lastkapacitet som framgår av Tabell 10 och de UAV-system som beskrivits i Kapitel 2 kan man konstatera att det finns ett antal UAV-system som skulle uppfylla dessa krav, vilket betyder att kraven är rimliga sett mot dagens tekniknivå. Av de UAV-system som uppfyller dessa krav startar och landar samtliga vertikalt, men möjligheten att en vingburen UAV också skulle kunna ha tillräcklig lastförmåga kan inte uteslutas. Däremot kan luftskepps-UAV i den storleksklass som C 1000 representerar avfärdas från vidare diskussioner, även sett mot kravet på förflyttningshastighet som den är ensam om att inte uppfylla.

Delresultat för kapitlet

Luftfartyget ska ha en total lastkapacitet, både avseende vikt och volym, som medger att modulärt utbytbar nyttolast, luftburen del av datalänk, transpondrar och utrustning för säkring som kan ingå i ett start- och landningssystem samt ett navigationssystem som ska bestå av ett kombinerat GPS och TN-system bärs samtidigt. Med de exempel på nyttolast som används i detta arbete blir vikten för dessa delsystem och komponenter cirka 50 kg. De delar av ett UAV-system som räknats upp ovan ska också kunna kraftförsörjas av luftfartyget, vid samtidig användning av EO/IR- och radarsensorer uppgår effektbehovet för nyttolast, datalänk och navigationssystem till totalt cirka 850 W med ett 28 V elsystem för de exempel som används.

Lastkapacitet ska även finnas för det drivmedel som krävs för att ge luftfartyget en uthållighet på flera timmar. Som drivmedel ska samma typ av flygbränsle (JP-5) som t.ex. helikoptertankningsinstallationen på Korvett typ Visby är

2008-12-02

avsedd att användas med. UAV:n ska kunna hålla en högre hastighet än det fartyg den är baserad ombord på, här är de 35 knop som är marschfart för Korvett typ Visby dimensionerande.

Luftfartyget ska också vara specificerat för de miljöförhållanden som kan uppstå på ett oskyddat fartygsdäck och vid flygning över hav, och kunna stå klargjort för start på däck under en längre tid på däck. Tid för klargöring, inklusive den tid det tar att förflytta luftfartyget från sin stuvningsplats till startsystemet, ska vara så kort som möjligt.

2008-12-02

8 Resultat

I detta avslutande kapitel kommer de delresultat som tagits fram fortlöpande i arbetet, och som i sig utgör grundläggande tekniska krav för ett fartygsbaserat UAV-system, att återges kortfattat för att sedan användas som underlag både för att besvara frågeställningarna och för att ta fram ett förslag till utvärderingskriterier och effektmått för ett fartygsbaserat UAV-system. För de prestandakrav som tagits fram kommer värden och storheter enbart att tas upp i den sammanställning som utgör den inledande sammanställningen.

Värderingskriterier och effektmått presenteras i Tabell 11 och kommer endast att anges för ett urval av de krav som tagits fram, och då för sådana krav som kan vara särskiljande vid ett val mellan olika alternativ eller tekniklösningar.

Efter en återkoppling till syftet med detta arbete presenteras förslag till fortsatt arbete med anknytning till fartygsbaserade UAV-system.

8.1 Sammanställning av delresultat - grundläggande tekniska krav

Delresultat från tidigare kapitel redovisas här kortfattat för de delsystem som ingår i ett fartygsbaserat UAV-system, efter en presentation av systemövergripande krav som gäller för ett fartygsbaserat UAV-system;

Ett fartygsbaserat UAV-system ska uppfylla de flyg- och sjösäkerhetsrelaterade krav som finns i Försvarmaktens olika regelverk, samt vara utformat så att teknisk interoperabilitet kan uppnås.

Nyttolast ska kunna överföra sensordata för ingående sensorer i de dataformat som beskrivs i aktuell STANAG för sensortypen. För spaningsuppgifter ska både EO/IR- och radarsensor, utformade som modulärt utbytbar nyttolast, kunna ingå som nyttolast samtidigt.

Datalänk ska uppfylla krav i STANAG 7085 och ha en överföringskapacitet på minst 45 Mbit/s med en minsta räckvidd av 50 M. Den fartygsburna delen av delsystemet ska kunna hantera data från minst två UAV samtidigt.

UAV-ledningssystem ska vara utformat enligt STANAG 4586 och kunna användas för ledning av minst två luftfartyg samtidigt. Delsystemet ska kunna

2008-12-02

integreras med befintliga ledningssystem ombord, minst till den grad att sensordata från ett UAV-system kan presenteras i ledningssystemet.

Start- och landningssystem ska, med dygnetruntkapacitet i sjötillstånd upp till Sea State 5, uppfylla definition av automatisk start och landning i STANAG 4586. Utrustning för säkring av luftfartyget vid start och landning ska ingå. De förhållanden som automatisk start och landning ska kunna genomföras under bör, som komplement till att endast använda begreppet Sea State, beskrivas så att gränsvärden för relativ vindriktning och -styrka samt fartygsrörelser i form av pitch och roll framgår. Delsystemet ska utformas så att; start och landning med helikopter inte hindras, det kräver liten bemanning och medger säker förflyttning av UAV mellan förvaringsplats och start- och landningsutrustning.

Luffartyget ska ha en total lastkapacitet, både avseende vikt och volym, som medger att modulärt utbytbar nyttolast, luftburen del av datalänk, transpondrar och utrustning för säkring som kan ingå i ett start- och landningssystem samt ett navigationssystem som ska bestå av ett kombinerat GPS och TN-system bärs samtidigt. Med de exempel på nyttolast som används i detta arbete blir vikten för dessa delsystem och komponenter cirka 50 kg. De delar av ett UAV-system som räknats upp ovan ska också kunna kraftförsörjas av luftfartyget, vid samtidig användning av EO/IR- och radarsensorer uppgår effektbehovet för nyttolast, datalänk och navigationssystem till totalt cirka 850 W med ett 28 V elsystem för de exempel som används.

UAV:n ska även ha lastkapacitet för det drivmedel som krävs för att ge luftfartyget en uthållighet på flera timmar. Som drivmedel ska samma typ av flygbränsle (JP-5) som t.ex. helikoptertankningsinstallationen på Korvett typ Visby är avsedd att användas med. UAV:n ska kunna hålla en högre hastighet än det fartyg den är baserad ombord på, här är de 35 knop som är marschfart för Korvett typ Visby dimensionerande.

Luffartyget ska också vara specificerat för de miljöförhållanden som kan uppstå på ett oskyddat fartygsdäck och vid flygning över hav, och kunna stå klargjort för start på däck under en längre tid på däck. Tid för klargöring, inklusive den tid det tar att förflytta luftfartyget från sin stuvningsplats till startsystemet, ska vara så kort som möjligt.

2008-12-02

8.2 Svar på frågeställningarna

De två frågeställningarna från arbetes inledning besvaras här i tur och ordning;

i. Vilken nyttolast, i form av sensorer, och andra delsystem eller komponenter måste en UAV kunna bära för att lösa två specifika uppgifter och vilka krav ställer detta på luftfartyget i sig?

Den nyttolast som en UAV måste kunna bära för att lösa de två uppgifter som använts i detta arbete består av EO/IR- och radarsensorer, utformade så att de utgör modulärt utbytbar nyttolast. Luftfartyget måste även kunna bära den luftburna delen av ett datalänksystem som har kapacitet att överföra data från dessa båda sensortyper samtidigt samt ett navigationssystem som ska bestå av ett kombinerat GPS och TN-system.

Detta ställer krav på att luftfartyget ska ha en lastkapacitet, både avseende vikt och volym, som medger att ovanstående last kan bäras och även kraftförsörjas. Uppgifterna ställer också krav på att luftfartyget ska ha en uthållighet på flera timmar, kunna förflytta sig snabbare än det fartyg UAV-systemet är baserat ombord på och vid behov kunna starta snabbt. Uppgifterna resulterar även i ett krav på interoperabilitet för hela UAV-systemet.

ii. Vilka krav ställer fartygsbaserings av ett UAV-system på ingående delsystem, och vad innebär dessa krav för luftfartyget i sig?

Fartygsbaserings av ett UAV-system ställer krav på ett start- och landningssystem med kapacitet för automatisk start och landning i grov sjö dygnet runt, som ska innehålla utrustning för säkring av luftfartyget vid start och landning. Nyttolasten bör vara utformad för att vara modulärt utbytbar, i övrigt ställer fartygsbaserings inga specifika krav på detta delsystem. För datalänken ställs kapacitetskrav att kunna hantera minst två UAV-länkar samtidigt och UAV-ledningssystemet ska kunna integreras med befintliga ledningssystem ombord.

För luftfartyget medför dessa krav att den totala lastkapaciteten, förutom vad som framgår av svaret på den första frågeställningen, även ska medge att eventuella transpondrar och annan UAV-buren utrustning som kan ingå i ett start- och landningssystem kan bäras och kraftförsörjas. Fartygsbaserings innebär också att en UAV ska använda samma typ av drivmedel som de helikoptertankningsinstallationer som kan finnas ombord är avsedda för.

2008-12-02

8.3 Förslag till värderingskriterier och effektmått

Krav som inte är mätbara med effektmått, men som ändå måste uppfyllas, tas inte med i detta förslag, exempel på sådana krav är det systemövergripande kravet på att ett fartygsbaserat UAV-system ska uppfylla de flyg- och sjösäkerhetsrelaterade krav som finns i Försvarmaktens olika regelverk och det krav på vilken typ av drivmedel som en UAV ska använda.

Delsystem		
#	Värderingskriterium och innebörd	Effektmått
Luftfartyg		
1	Lastkapacitet Tillgänglig lastkapacitet exklusive det drivmedel som krävs för att uppnå a) fyra, b) sex timmars uthållighet i marschfart	Vikt kg Volym m ³
2	Kraftförsörjning Tillgänglig effekt för att samtidigt kraftförsörja luftburna delsystem och komponenter	Effekt W
3	Uthållighet Den tid luftfartyget kan verka i marschfart med; a) 100 % av maximal vikt för nyttolast ombord b) 50 % av maximal vikt för nyttolast ombord	Tid h
4	Förflyttningshastighet a) högsta hastighet b) för att uppnå maximal uthållighet (marschfart)	Hastighet knop
Start- och landningssystem		
5	Gränsvärden för start och landning uttryckt som a) maximal relativ vindriktning och -styrka över startplatsen vid b) maximala fartygsrörelser, pitch och roll	Vind m/s Vinkel ± °
UAV-ledningssystem		
6	Interoperabilitetsnivå som kan uppnås enligt STANAG 4586 definition av <i>Level of interoperability (LOI)</i>	LOI (1-5)
Datalänk		
7	Överföringskapacitet a) över öppet hav, b) i skärgårdsmiljö vid väderförhållanden som motsvarar Sea State 5 och nederbörd	Kapacitet Mbit/s
8	Räckvidd med a) runtstrålande antenn, b) riktantenn på UAV:n vid väderförhållanden enligt # 7	Distans M
9	Antal länkar som kan hanteras samtidigt ombord på ett fartyg	Antal st
Nyttolast (spaningssensorer)		
10	Avstånd för a) upptäckt, b) klassificering, c) identifiering av ett mål motsvarande gummibåt fritt till sjöss i väderförhållanden enligt # 7	Distans M

Tabell 11. Förslag till värderingskriterier och effektmått

Som utgångspunkt för hur innebörden av de olika värderingskriterier som presenteras i Tabell 11 formuleras används ett av delresultaten från Kapitel 2; Vid kravställning på ett UAV-system måste specifikation av under vilka förhållanden olika prestanda ska anges ingå, t.ex. om drivmedlets vikt ska räknas in i lastkapacitet o.s.v. Ett värderingskriterium kan också delas upp genom att olika förutsättningar anges.

2008-12-02

8.4 Återkoppling till syftet

De tekniska krav för ett fartygsbaserat UAV-system som finns beskrivna i det inledande avsnittet av detta kapitel utgör en förteckning av grundläggande tekniska krav för ett sådant system, och de värderingskriterier och effektmått som sedan presenteras bygger på dessa grundläggande krav. Den tyngdpunkt på tekniska krav som ställs på luftfartyget i sig har, med det tillvägagångssätt som använts, blivit en följd av att de krav som ställts på olika delsystem och komponenter på olika sätt genererar krav som en UAV måste uppfylla.

Spårbarhet för de tekniska krav som presenterats finns dels mot sjöoperativa förmågor på så sätt att de taktiska behov händelserna i scenariot gav upphov till via egenskapskrav för de olika delsystem som ingår i ett UAV-system ligger som grund för delar av de prestandakrav som presenterat och dels genom att de krav som fartygsbaserat i sig ställer utgår från en beskrivning av den miljö ett UAV-system ska verka i grundad på bl.a. erfarenheter av gränssytor mellan fartyg och helikoptersystem.

De systemexempel som använts för att beskriva olika delsystem eller komponenter är hämtade från befintliga eller planerade UAV-system, vilket innebär att de beskriver vad som är möjligt att uppnå med dagens tekniknivå. Detta innebär att de tekniska krav som redovisats här kan utgöra åtminstone en grund för att det försök att efterlikna en roman av Tom Clancy som inledde detta arbete kan bli verklighet i Försvarmakten. Och då skulle den läsare som till äventyrs i 60 sidor oroat sig för vilket öde som drabbade S/S Martha vid passage av angöringsbojen utanför Mwanauwe Kirani kunna lugnas med beskedet att piraterna, när de upptäckte att ett svenskt örlogsfartyg skar kursen mot det tilltänkta bytet, beslutade sig att återgå till sitt näste på Kamba Kisawa.

8.5 Vad ska vi ha en sån där till då?

Rubriken för detta avsnitt är en tänkbar titel på ett fortsatt arbete med anknytning till fartygsbaserade UAV-system med inriktning mot hur ett sådant system skulle kunna nyttjas taktiskt och operativt. Exempel på frågeställningar för ett arbete med en sådan inriktning är; Ska en UAV användas som om en fjärrstyrd helikopter eller som något annat? Kan man tänka sig att installera ett tekniskt sett interoperabelt UAV-ledningssystem på en fartygstyp som inte

2008-12-02

självt har UAV-system ombord för att på så sätt kunna dra nytta av t.ex
sensordata från en UAV?

Ett annat tänkbart förslag till fortsatt arbete, med mer militärteknisk inriktning,
är att fokusera på de krav som ställs på ett fartyg som ett UAV-system ska
kunna baseras ombord på, med På vilka befintliga fartygstyper kan ett UAV-
system installeras? som möjlig frågeställning.

2008-12-02

9 Käll- och litteraturförteckning

- [1] Anna Lindh-biblioteket, "C-uppsatser Chefsprogrammet",
<http://www.annalindhbiblioteket.se/publikationer/upsatser/index.asp> [2008-11-03]
- [2] Falk, Johan (red.), *UAV ESM förstudie – slutrapport*, Linköping: Ledningssystem, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI), 2006
- [3] Berg, Tobias ; Carlsson, David, *Mekanisk säkring av helikopter på fartygsdäck: en konceptuell fallstudie av Saabs UAV-system Skeldar M [Mechanical securing of a helicopter on a ship deck: a conceptual case study on Saab's UAV system Skeldar M]*, Linköpings universitet 2008, <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-11233> [2008-10-01]
- [4] The Shepard Group, *Unmanned vehicles handbook. 2007*, Burnham: Shephard, 2007
- [5] US Department of Defense, *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005 – 2030*, 4 AUG 2005, <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA445081> [2008-10-03]
- [6] US Department of Defense, *Unmanned Systems Roadmap 2007 – 2032*, DEC 10 2007, <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA475002> [2008-10-03]
- [7] Försvarmakten, Militära flyginspektion, *UAV-Policy Utgåva 2*, 2003-05-26
<http://www.fmv.se/upload/Bilder%20och%20dokument/Upphandling/liand/HKV%202003-05-26%2002%20810.68657%20Bilaga%201%20UAV-policy%20utg%202.pdf> [2008-10-13]
- [8] NATO Standardisation Agency (NSA), *NATO Glossary of Terms and Definitions*, AAP-6 2008, April 2008, <http://www.nato.int/docu/stanag/aap006/aap-6-2008.pdf> [2008-10-02]
- [9] NATO Standardisation Agency (NSA), Standardisation Agreement (STANAG), *Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability*, STANAG 4586, Ed. 2.5, Feb 2007,
http://www.barnardmicrosystems.com/download/STANAG_4586E2e5_V1.3_26FEB07.pdf [2008-09-10]
- [10] Försvarmakten, *Rutiner och instruktioner Korvett typ Visby (RoI)*, version 2008.0.1,
Opublicerad källa tillhandahållen via kontakt med Provturskommando Visby
- [11] Försvarmakten, "Korvett Visby", Skapad 19 juli 2007, <http://www.mil.se/sv/Materiel-och-teknik/6134/Korvett-Visby/> [2008-10-01]
- [12] Försvarets materielverk, "Korvett Visby", Senast ändrat: 2005-04-13,
<http://www.fmv.se/WmTemplates/Page.aspx?id=1249> [2008-10-01]
- [13] Förvarsdepartementet, "Effektivisering av försvarsmaterieförsörjningen - omprövning av materielprojekt", Pressmeddelande 18 september 2008,
<http://www.regeringen.se/sb/d/10209/a/111475> [2008-10-28]
- [14] Försvarmakten, "Helikopter 15, Skapad 12 juli 2007", <http://www.mil.se/sv/Materiel-och-teknik/Flyg/Helikopter-15/> [2008-09-18]
- [15] Försvarmakten, PTTEM för HKP 15, HKV beteckning 01 641:60308, 2000-01-14
- [16] Försvarets materielverk, "Helikopter 15 (HKP 15)", Senast ändrat: 2008-04-22,
<http://www.fmv.se/WmTemplates/Page.aspx?id=1248> [2008-10-01]

2008-12-02

- [17] Peter La Franchi, "UAVs come of age – Flight's UAV directory", Flight International [Online], 06/08/07, <http://www.flightglobal.com/articles/2007/08/06/215941/uavs-come-of-age-flights-uav-directory.html> [2008-10-21]
- [18] Brooks Tigner, "Europe acts to strengthen mine countermeasures and develop naval UAV", Jane's International Defence Review [Online], 9th September 2008, <http://www.janes.com/news/defence/naval/> [2008-10-03] (Access till fulltextversion via Anna Lindh-biblioteket)
- [19] Insitu, "Scan Eagle", <http://www.insitu.com/scaneagle> [2008-10-21]
- [20] Boeing, "ScanEagle", <http://www.boeing.com/defense-space/military/scaneagle/> [2008-10-21]
- [21] Boeing, "Boeing/Insitu ScanEagle Flight Demonstrates Real-time Radar Imaging Using NanoSAR", News Release June 10, 2008, http://www.boeing.com/news/releases/2008/q2/080610a_nr.html [2008-11-17]
- [22] EMT, "Products", <http://www.emt-penzberg.de/index.php?id=7&L=1> [2008-10-21]
- [23] EMT, Experimental UAV X-13, August 2002, http://www.emt-penzberg.de/fileadmin/download/X-13_en.pdf [2008-10-30]
- [24] Schiebel, "Products / Camcopter", <http://www.schiebel.net/> [2008-10-21]
- [25] Schiebel, *Camcopter S-100*, Printed 09/2007, http://www.schiebel.net/pdf/2007-09_s-100_brochure_english_.pdf [2008-10-21]
- [26] The Shepard Group, "Camcopter® S-100 completes extensive German Navy flight trials", 29 September 2008, Shepard UVOnline News [Online], <http://www.shephard.co.uk/UVOnline/Default.aspx?Action=-187126550&ID=9db93c00-aedd-4e48-b91e-c4498847962a> [2008-10-02]
- [27] CybAero AB, "Produkter, Vantage", <http://www.cybaero.se/> [2008-10-01]
- [28] CybAero AB, *The Vantage VTOL UAV System*, <http://www.cybaero.se/english/dokument/produktblad/ProductSheetVantage.pdf> [2008-10-21]
- [29] Naval Research Laboratory, *Vantage*, <http://www.nrl.navy.mil/techtransfer/exhibits/pdfs/Info%20Sheet%20pdfs/UAV%20Info%20Sheets/Vantage.pdf> [2008-10-27]
- [30] SAAB, "Skeldar", Last update: 2008-09-10, http://www.saabgroup.com/en/ProductsServices/products_az.htm [2008-10-21]
- [31] Craig Hoyle, "Saab to produce maritime version of Skeldar UAV", Flight International [Online], 10/09/07, <http://www.flightglobal.com/articles/2007/09/10/216704/saab-to-produce-maritime-version-of-skeldar-uav.html> [2008-10-20]
- [32] Northrop Grumman, "MQ-8B Navy Fire Scout", http://www.is.northropgrumman.com/systems/mq8bfirescout_navy.html [2008-10-21]
- [33] Northrop Grumman, *MQ-8B Fire Scout*, http://www.is.northropgrumman.com/systems/system_pdfs/FireScout-New-Brochure.pdf [2008-11-13]

2008-12-02

- [34] Bell Helicopter, "The Bell Eagle Eye UAS",
<http://www.bellhelicopter.com/en/aircraft/military/bellEagleEye.cfm> [2008-10-21]
- [35] Bell Helicopter, *Eagle Eye Pocket Guide*, June 2005,
http://www.bellhelicopter.com/en/aircraft/military/pdf/EagleEye_PG_05_web.pdf
[2008-10-21]
- [36] Zachary M. Peterson, "Re-analysis validates Coast Guard's way ahead with Deepwater", March 10 2008, Inside the Navy,
<http://www.uscg.mil/acquisition/newsroom/pdf/InsidetheNavy10March2008Deepwater.pdf> [2008-10-30]
- [37] Boeing, "A160 Hummingbird",
http://www.boeing.com/ids/advanced_systems/hummingbird.html [2008-10-21]
- [38] SkyShips Ltd., "C 1000", <http://www.skyships.co.uk/uavairships.htm> [2008-10-27]
- [39] Försvarsmakten, *Regler för militär sjöfart (RMS), RMS F 2007 (Fartygssäkerhet)*, Fastställd 2006-12-22, Stockholm 2007
- [40] Försvarets materielverk, *Kv typ Visby flygplatsfunktion*, FMV beteckning 15614/2008, 2008-03-26
- [41] Försvarsmakten, *Doktrin för marina operationer (DMarinO)*, Fastställd 2005-03-10, Stockholm 2005
- [42] NATO Standardisation Agency (NSA), Standardisation Agreement (STANAG), *Air Reconnaissance Primary Imagery Data Standard, STANAG 7023*, Edition 3, September 2004,
http://www.nato.int/structur/AC/224/standard/7023/7023_documents/7023eed03.pdf
[2008-10-02]
- [43] NATO Standardisation Agency (NSA), Standardisation Agreement (STANAG), *NATO Digital Motion Imagery Format, STANAG 4609*, Edition 2, June 2007,
http://www.nato.int/structur/AC/224/standard/4609/4609_documents/STANAG_4609_Ed2.pdf [2008-10-02]
- [44] NATO Standardisation Agency (NSA), Standardisation Agreement (STANAG), *NATO Ground Moving Target Indicator (GMTI) Format, STANAG 4607*, Edition 2, August 2007, http://www.nato.int/structur/AC/224/standard/4607/stanag_4607_E_ed02.pdf
[2008-10-02]
- [45] Åke Wiss, Göran Kindvall (red.), *FOI orienterar om... Sensorer*, Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI), 2004
- [46] FLIR Government Systems, *Star Safire III*, 2008,
http://www.gs.flir.com/uploadedFiles/GS/datasheets/A_A4_StarSAFIRE_III.pdf [2008-11-17]
- [47] FLIR Government Systems, *Talon*, 2008,
http://www.gs.flir.com/uploadedFiles/GS/datasheets/A_A4_TALON.pdf [2008-11-17]
- [48] Telephonics, RDR-1700, 2007, <http://www.telephonics.com/products/RDR-1700.pdf>
[2008-11-17]

2008-12-02

- [49] Telephonics, RDR-1700B, 2007, <http://www.telephonics.com/products/33383RDR-1700B.pdf> [2008-11-17]
- [50] ImSAR, "NanoSAR", <http://www.imsar.com/> [2008-11-17]
- [51] ImSAR, *NanoSAR - World's Smallest SAR*, http://www.imsar.com/NanoSAR%20Flyer_03_08.pdf [2008-11-17]
- [52] L-3 Communications, *Mini TCDL Transceiver*, <http://www.l-3com.com/csw/Product/docs/MiniTCDLTransceiver.pdf>, [2008-11-17]
- [53] L-3 Communications, *T-Series Model S Surface Terminal 45Mb/s Data Link*, <http://www.l-3com.com/csw/Product/docs/T-SeriesModel-SSurfaceTerminalDataLink.pdf> [2008-11-17]
- [54] CDL Systems, "Vehicle Control Station 4586 (VCS-4586)", <http://www.cdlsystems.com/index.php/vcs4586> [2008-11-17]
- [55] CDL Systems, "STANAG 4586", <http://www.cdlsystems.com/index.php/stanag4586> [2008-11-17]
- [56] CDL Systems, *Capabilities Guide*, 2008, http://www.cdlsystems.com/templates/rt_catalyst_j15/pdf/capabilities_guide_v1_cg_012008.pdf [2008-11-17]
- [57] CDL Systems, *Technical Description*, 2008, http://www.cdlsystems.com/pdf/products/software/vcs_4586/VSM_Tech_Description_v1_vsm_td_012008.pdf [2008-11-17]
- [58] L-3 Communications, *Miniature CDL Transceiver (Mini-CDL-200)*, <http://www.l-3com.com/csw/Product/docs/MiniCDLTransceiver.pdf> [2008-11-17]
- [59] L-3 Communications, *Tactical Interoperable Ground Data Link (TIGDL II)*, <http://www.l-3com.com/csw/Product/docs/TacticalInteroperableGroundDataLink-TIGDL%20II.pdf> [2008-11-17]
- [60] Försvarsmakten, *Regler för militär sjöfart (RMS), RMS GSPDM 2007 (Grunder, Sjösäkerhetssystem, Personal, Drift, Marin yttre miljö)*, Fastställd 2006-12-22, Stockholm 2007
- [61] Försvarsmakten, *Flygoperationell Manual för Försvarsmakten Helikopter, FOM-A Hkp*, Fastställd 2008-11-01, Stockholm 2008
- [62] Anders Olovsson, "Om Visbysystemet ur ett FC-perspektiv", *Tidskrift i Sjöväsendet* nummer 2/2007, Kungl. Örlogsmannasällskapet, Karlskrona 2007
- [63] SNC, *UCARS-V2 UAV Common Automatic Recovery System – Version 2 For Shipboard Operations*, <http://www.sncorp.com/PDFs/ATCALs/UCARS-V2%20Product%20Sheet.pdf> [2008-11-18]
- [64] SNC, "UCARS-V2 UAS Common Automatic Recovery System – Version 2", <http://www.sncorp.com/prod/atc/uav/uav3.shtml> [2008-11-18]
- [65] DCNS, *World first: DCNS achieves automatic UAV landing on frigate*, Press release 13 October 2008, http://www.dcnsgroup.com/files/comuniques/pdf/CP_SADA_EN-OK.PDF [2008-10-29]

2008-12-02

- [66] DCNS, *Integrated naval UXVs*, <http://www.dcnsgroup.com/files/pdf/UXVs.pdf>,
September 2008 [2008-11-07]
- [67] Viking Aerospace, *wePilot 1000 Flight Control System for Small Unmanned Helicopters*, <http://vikingaero.com/files/wePilot1000Brief-1.pdf> [2008-11-24]
- [68] Försvarmakten, Högkvarteret, *Försvarmaktens riktlinjer för nyttjande och anskaffning av satellitnavigeringshjälpmedel – GNSS*, 2005-11-01, HKV beteckning 21 720:74267
- [69] Försvarmakten, *Doktrin för markoperationer*, Stockholm, Fastställd 2005-03-10
- [70] Håkan Syrén, ”Idé blir verklighet – Nordic Battlegroup redo för insats”,
Försvarmakten, Publicerad: 23 november 2007, <http://www.mil.se/sv/Nyheter/OBs-nyhetsbrev/Nyhetsbrev-23-nov-2007/> [2008-10-16]
- [71] Försvarmakten, *Försvarmaktens handbok i studiemetodik (H Stud)*, Stockholm,
Fastställd 2006-11-13
- [FE] Författarens erfarenheter av Korvett typ Visby. Se även under 1.7 Material

Bilaga 1. Begrepp, förkortningar och akronymer

I denna bilaga återkommer de begrepp som definierats under 1.8 Centrala begrepp, här med bakgrund till definitionerna och mer utförliga beskrivningar av vad de omfattar. Bilagan innehåller även andra begrepp som kan tarva en mer ingående förklaring, samt en lista med förklaringar till de förkortningar och akronymer som återfinns i arbetet.

UAV definieras i detta arbete som ett motordrivet återanvändbart obemannat luftfartyg som kan; flyga autonomt eller fjärrstyras, bära en nyttolast och som ingår som en del av ett UAV-system. Definitionen av UAV grundar sig på dels *Försvarsmaktens UAV-policy*, som definierar en UAV som

... ett återanvändningsbart obemannat luftfartyg (UAV) ingående i ett UAV system bestående av den obemannade flygburna delen (UAV) och de delar av ett eller flera UAV stödsystem, som erfordras under flygning. [7]

och dels på Natos definition som skiljer sig något från den svenska, främst genom att även inkludera icke återanvändbara farkoster och genom att tydligt ange vad som inte räknas som UAV:

A powered, aerial vehicle that does not carry a human operator, uses aerodynamic forces to provide vehicle lift, can fly autonomously or be piloted remotely, can be expendable or recoverable, and can carry a lethal or non-lethal payload. Ballistic or semi-ballistic vehicles, cruise missiles, and artillery projectiles are not considered unmanned aerial vehicles. [8]

Definitionen av **UAV-system** grundar sig på följande resonemang; Enligt *Försvarsmaktens UAV-policy* avses med ett UAV-system

... ett tekniskt system som består av en eller flera UAV och de delar av ett eller flera UAV stödsystem, som erfordras under flygning... [7]

där stödsystem avser bl.a. ledningsenhet, start- och landningsenhet och länkenhet. UAV-policyn är mer inriktad mot vilka säkerhetskrav ett UAV-system måste uppfylla för att få användas i Försvarsmakten än mot systemets tekniska uppbyggnad. I detta arbete används därför istället, för att bättre kunna beskriva sammansättningen av ett UAV-system, den uppdelning i fem tydligt avgränsade delsystem som återfinns i STANAG 4586 [9] som grund för en

definition av vad ett UAV-system omfattar. Definitioner och begrepp från Försvarmaktens UAV-policy har där så varit möjligt använts som grund vid översättning av begreppen i STANAG 4586.

I detta arbete avses med ett **UAV-system** ett tekniskt system bestående av de delsystem som krävs för att systemet som helhet ska kunna användas för att lösa militära uppgifter, där delsystemen består av:

- **Luftfartyg** eller **UAV** (*air vehicle element*), den flygande plattformen i sig bestående av de underliggande system som krävs för flygning, t.ex. skrov, framdrivningssystem och flygelektronik. En eller flera UAV:er kan ingå.
- **Nyttolast** (*payload element*), de sensorer, vapen eller annan utrustning som bärs med ombord på UAV:n för att kunna utföra tilldelade uppgifter.
- **Datalänk** (*data link element*), som utgörs av dataterminaler och kommunikationsutrustning i både luftfartyg och ledningsplattform (här fartyg) och som används för att överföra information till och från både UAV och nyttolast, antingen via samma datalänk eller separerade.
- **UAV-ledningssystem** (*UCS element*, där UCS står för *UAV Control System*), som används för ledning och kontroll av UAV och nyttolast samt utgör gränssyta mot UAV-operatör och externa ledningssystem.
- **Start- och landningssystem** (*launch and recovery element*), med den funktionalitet som krävs för start och landning. Här ingår även den utrustning som krävs för att hantera en UAV i samband med start och landning, t.ex. utrustning för att säkra luftfartyget vid landning.

Övrig UAV-utrustning i Bild 2 omfattar sådan utrustning som inte är direkt kopplad till användning av UAV-systemet, men som ändå krävs för att kunna nyttja systemet över tiden, t.ex. utrustning för materiellunderhåll.

Ordet **interoperabilitet** används i olika sammanhang för att beskriva förmågan till samverkan och samordning med andra nationer vid internationella insatser, avseende både metodmässig och taktisk samverkan och samordning på olika beslutsnivåer (från politisk ned till stridsteknisk nivå), och möjligheterna för olika materielsystem att fungera tillsammans. Någon av Försvarmakten

fastställd definition av vad begreppet innebär har inte stått att finna, den närmaste träffen är en fotnot där interoperabilitet förklaras som

Förmåga att samverka och samordna insatser med andra stater. [69]

Ordet finns inte heller som uppslagsord i Internetversionerna av vare sig Nationalencyklopedin eller Svenska Akademiens ordbok.

I detta arbete definieras **interoperabilitet** som förmågan till teknisk, taktisk och metodmässig samverkan och samordning med andra nationer för att lösa tilldelade uppgifter. Med **teknisk interoperabilitet avses** förmågan hos tekniska system att, genom användning av standardiserade tekniska lösningar och gränssytor, vara kompatibla med andra system.

Definitionerna grundar sig på hur begreppet interoperabilitet används i olika sammanhang inom Försvarsmakten, vilket illustreras med ett exempel;

Våra möjligheter att delta i det internationella militära samarbetet är generellt starkt knutna till en väl utvecklad interoperabilitet i ett multinationellt perspektiv. Som litet land har vi ett intresse av att driva på interoperabilitetsutvecklingen även om den militära effektiviteten i en snäv mening kan vara lättare att tillgodose i en homogen nationell ram. Alla internationella insatser kommer att genomföras tillsammans med andra och interoperabilitet är helt avgörande (tekniskt, taktiskt och metodmässigt). [70]

Med den definition av interoperabilitet som används här skulle en definition av taktisk och metodmässig interoperabilitet också vara på plats, men eftersom inget av dessa båda begrepp används i detta arbete lämnas de odefinierade.

Inom Nato definieras **standardisering** (*standardization*) som

The development and implementation of concepts, doctrines, procedures and designs in order to achieve and maintain the compatibility, interchangeability or commonality which are necessary to attain the required level of interoperability, or to optimise the use of resources, in the fields of operations, materiel and administration. [8]

Natos definition av standardisering, med sin tydliga koppling till interoperabilitet, ligger som grund till varför Natos standarder i detta arbete kommer att användas för att visa hur önskad grad av **teknisk interoperabilitet** kan uppnås. Inom Nato är den korrekta benämningen för en standard NATO standardization agreement, som utgörs av:

A normative document, recording an agreement among several or all NATO member nations, that has been ratified at the authorized national level, to implement a standard, in whole or in part, with or without reservation. [8]

Standarderna benämns **STANAG**, följt av en fyrsiffrig kod och det område som standarden behandlar i klartext. I detta arbete kommer standarderna att första gången de omnämns att benämnas på detta sätt, för att därefter endast benämnas som STANAG och sifferkod.

I detta arbete används **spaningssensorer** som exempel på nyttolast och avser då delsystem eller komponenter avsedda för spaning. Spaning omfattar här kedjan upptäckt, klassificering och identifiering av objekt som kan vara av intresse för de militära uppgifter som ska lösas, sådana objekt benämns på stridsteknisk och taktisk nivå oftast som **mål**. Med upptäckt avses att förekomsten av ett mål kan konstateras, med klassificering att typ av mål kan bestämmas (t.ex. personbil eller stridsvagn) och med identifiering att kunna särskilja mål av samma typ från varandra (t.ex. Saab eller Volvo) och ibland även att mål kan individbestämmas (t.ex. Volvo med registreringsnummer ABC 123). De sensortyper som i arbetet är oftast förekommande är optroniska sensorer och radarsensorer. **EO/IR-sensorer** kommer att användas som sammanfattande begrepp för bildalstrande optroniska sensorsystem som med kombinationer av passiva och aktiva optroniska sensorer kan användas för spaning. De passiva delarna i ett sådant system utgörs av elektrooptiska (EO) och infraröda (IR) sensorer och de aktiva av lasersensorer. I ett typiskt EO/IR-system ger EO-sensorn dagerkapacitet, IR-sensorn mörkerkapacitet och lasersensorn avstånd till ett mål. **Radarsensorer** används på motsvarande sätt som begrepp för de sensorsystem som aktivt använder radarsignaler för spaningsändamål. En vanligt förekommande tillämpning för flygande system är **SAR** (syntetisk aperturradar), där en radarbild med hög upplösning skapas

syntetiskt. **MTI** (Moving Target Indicator) är en funktion som ger möjlighet att urskilja rörliga mål på mark- eller havsytan.

Grundläggande tekniska krav används här som begrepp för att beskriva prestanda och kapacitet för ett UAV-system utifrån de förmågor och funktioner som måste finnas för att systemet ska kunna baseras ombord. Ett exempel på grundläggande krav, som redan tagits upp under rubriken Antaganden och avgränsningar, är förmågan för luftfartyget att starta och landa på ett kontrollerat sätt. Med **värderingskriterier** avses i detta arbete ett sätt att beskriva hur särskiljande egenskaper hos ett UAV-system kan användas vid ett val mellan olika alternativ eller systemlösningar. De **effektmått** som användas utgör mått direkt kopplade till kriterierna, och begränsas till att beskriva tekniska parametrar och prestandamått [71]. Som exempel på hur ett värderingskriterium och effektmått hör ihop kan kriteriet kostnad som effektmått ha både total kostnad (kr) och kostnad per driftstimme (kr/h).

Förkortningar och akronymer

AIS	Automatic Identification System. Civilt system som används för identifiera bl.a. fartyg och helikoptrar och följa fartygsrörelser
AKAN	Allmålskanon
AV	Air Vehicle, luftfartyg
CETRIS	Ledningssystem på bl.a. Kv Visby
COTS	Commercial Off the Shelf. Kommersiellt tillgänglig standardprodukt
CUCS	Core UAV Control System, kärnan i ett UAV-ledningssystem
EDA	Europeiska försvarsbyrån, European Defence Agency
EO	Elektrooptisk. Används här som benämning av sensortyp
EO/IR-sensor	Bildalstrande sensorsystem där elektrooptiska och infraröda sensorer ingår
FC	Fartygschef
GNSS	Global Navigation Satellite System, satellitnavigeringssystem
GPS	Global Positioning System. satellitnavigeringssystem
Hkp 15	Helikopter 15. Helikoptertyp i Försvarmakten
HMMWV	High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle. Amerikanska försvarets standardplattform för lätta fordon
HMS	(om fartyg) Hans Majestäts Skepp
HMS	(om sensorer) Hull Mounted Sonar. Skrovfast sonarsystem
IFF	Identify Friend or Foe. Igenkänningssystem, tidigare benämnt IK-system. Används för att skilja egna styrkor från fiendliga
IR	Infraröd. Används här som benämning av sensortyp
ISTAR	Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance
Ksp 58	Kulspruta (7,62 mm)
Kv Visby	Korvett typ Visby. Fartygstyp uppkallad efter det första fartyget i serien, HMS Visby. Övriga fartyg som ingår i serien är Helsingborg, Härnösand, Nyköping och Uddevalla
LOI	Level of interoperability, interoperabilitetsnivå

M	Nautisk mil eller distansminut, kan i engelskspråkiga källor förkortas nm eller nmi
MASS	Motmedelssystem
MK	Mwanaume Kirani. Fiktiv plats i det scenario som används i arbetet
MPU	Militärteknisk påbyggnadsutbildning
MTUAS	Maritime Tactical UAV System. Marint taktiskt UAV-system
MUAV	Micro-, Miniature- eller Maritime UAV
Nato	North Atlantic Treaty Organization
NRL	US Naval Research Laboratory
PE	Eldledningsradar
PFF	Partnerskap för fred
PN	Navigationsradar
PQ	Signalspaningsutrustning
PS	Spaningsradar
PTK Visby	Provturskommando Visby
PVC	Polyvinylklorid, en typ av plast
RBS 15	Sjömålsrobot
RMP	Recognized Maritime Picture, den maritima lägesbilden
ROV-E	Remotely Operated Vehicle – Enkel. Sonarbestyckad fjärrstyrd undervattensfarkost
ROV-S	Remotely Operated Vehicle – Sonar. Sonarbestyckad fjärrstyrd undervattensfarkost
S/S	Steam Ship
SAR	(om radar) Synthetic Aperture Radar
SAR	(om t.ex. sjöräddning) Search and Rescue
SAR/MTI	SAR med Moving Target Indicator
SHOL	Ship Helicopter Operational Limits. Beskriver begränsningar för start och landning m.a.p. relativ vindhastighet och vindriktning över helikopterdeck samt fartygsrörelser (pitch och roll)
SITREP	Situation report, stridsorientering
STANAG	Nato standardization agreement. Förkortning för Natostandard
SUAV	Small UAV
TAS	Tow Array Sonar. Släpsonar
THREAT LEVEL	Används för att ange hotnivå
TKsp	Tung kulspruta (12,7 mm)
TN	Tröghetsnavigering
TN-system	System som använder tröghetsnavigering för positionsbestämning
TUAV	Tactical UAV
TV/IR	Se EO/IR-sensor
UAS	Unmanned Aircraft Systems. UAV-system
UAV	Unmanned Aerial Vehicle. Obemannat luftfartyg
UAV-system	De delsystem som tillsammans bildar ett UAV-system är i detta arbete; Luftfartyg (UAV), Nyttolast, Datalänk, UAV-ledningssystem samt Start- och landningssystem
UCAV	Unmanned Combat Air Vehicle
UCS	UAV Control System. UAV-ledningssystem
US DoD	United States Department of Defence. Amerikanska Försvarsdepartementet
USCG	United States Coast Guard. Amerikanska kustbevakningen
VDS	Variable Depth Sonar. Sonarsystem där sensorns djup kan varieras
WEAPON STATUS	Används för att ange beredskap för vapensystem
VTOL UAV	Se VUAV
VUAV	Vertical Take Off and Landing UAV

Bilaga 2. Systemexempel EO/IR-sensorer

I denna bilaga presenteras de två EO/IR-sensorer som utgör systemexempel i avsnitt 5.1.1. EO/IR-sensorer med mer utförliga data.

	Star Safire III [46]	Talon [47]
EO-sensor	CCD-TV (Färg) Upplösning: 625 linjer 28° - 2,7° FOV 18X zoom	CCD-TV (Färg) 10X zoom
IR-sensor (FPA)	640 x 480 InSb 3-5 µm 25° - 0,35° FOV 71X zoom	640 x 480 InSb 3,4-5,1 µm 10X zoom
Laser (ögonsäker laseravståndsmätare)	25 km räckvidd	20 km räckvidd (1,54 µm)
Mått Gimbal Kontrollenhet	380 x 450 mm 254 x 191 x 318 mm	229 x 343 mm 274 x 267 x 140 mm
Vikt Gimbal Kontrollenhet	44 kg 10,4 kg	14,5 kg 5,9 kg
Totalvikt	ca 55 kg	ca 21 kg
Kraftförsörjning	22 - 29 V DC 200 W (max. 650 W)	18 - 32 V DC

I tabellen avses med;

CCD-TV: Den teknik som används i EO-sensorerna (TV-kameror)

FPA: Focal Plane Array, den teknik som används i IR-sensorerna

FOV: Field of View, det synfält sensorerna har

InSb: Den legering IR-sensorerna är utförda i, Indium antimonide

Gimbal: Den kardanupphängda stabiliserade enhet sensorerna sitter monterade i

Kontrollenhet: Interface för ledning av sensorenhet och överföring av sensordata (i UAV-tillämpning till datalänken)

DC: Likström

De två EO/IR-sensorer som används som systemexempel kommer båda från samma tillverkare, FLIR Government Systems. Star Safire III används eftersom den är tänkt som nyttolast i Eagle Eye, och Talon används som ett exempel en mindre och lättare EO/IR-sensor.

Bilaga 3. Systemexempel radarsensorer

I denna bilaga presenteras de två radarsensorer som utgör systemexempel i avsnitt 5.1.3 Radarsensorer mer utförliga data.

	RDR-1700B [48], [49]	NanoSAR [21], [50], [51]
Prestanda	Målupptäckt: 1 m ² stort mål på 15 M i Sea State 3. Max. räckvidd: 120 M	Räckvidd: 1 km Upplösning: 1 m
Antenndata	Bandbredd: 300 MHz Gain: 26 - 31 dB Antennstorlek: Ø 254 mm *	ingen uppgift
Sändardata	Frekvens: 9375 MHz * Pulsbredd: 0,1 / 0,5 / 2,35 µs * Max. effekt: 1 kW PRF: Upp till 7000 Hz	Frekvens: X-band Effekt: 15 W
Mottagardata:	Brusfaktor: 2,0 dB	ingen uppgift
Signalbehandling (SAR)	ingen uppgift	Inbyggd i radarenheten
Mått	ingen uppgift	158 x 190 x 114 mm (6,2" x 7,5" x 4,5")
Totalvikt	ca 34 kg	0,91 kg (2 lbs)
Kraftförsörjning	28 V DC, 22 A 115 V AC, 400 Hz, 100 mA 200 W (max. 650 W)	ingen uppgift

*För RDR-1700B antas att uppgifter för den tidigare modellen, RDR-1700, gäller när specifika uppgifter saknas, där så skett har det markerats med *, den antenn som anges ovan är den minsta som finns upptagen som exempel av tillverkaren.*

Enligt det underlag som använts är den radar som USCG tänkt använda i Eagle Eye en utvecklad variant av Telephonics RDR-1700, därför väljs modellen RDR-1700B som ett av två systemexempel i detta arbete. Skillnaderna mellan dessa både modeller består bl.a. i att B-varianten har tillförts SAR-funktion.

Det andra exemplet utgörs av NanoSAR från tillveraren ImSAR och har valts då den uppges vara världens minsta SAR och dessutom provats som sensor på ScanEagle.