



## Självständigt arbete i militärteknik (15 HP)

Författare	Förband	Program / kurs
Kd Anton Englund	MHS K	OP-T 16–19
Handledare		Kurschef
Kent Andersson & Michael Reberg		Martin Bang
Examinator		Antal ord
Gunnar Hult		16 720
<p align="center"><b>-Förutsättningar för ett markbaserat radarsystem</b></p> <p>Med den nya omvärldsutvecklingen där NATO moderniserar sitt missilförsvar i Europa samt att Ryssland har placerat taktiska ballistiska robotar i Kaliningrad påverkade Sveriges behov till att anskaffa förmågan att bekämpa ballistiska robotar. Sverige har därför anskaffat Patriotsystemet, dock utan att tillföra ett radarsystem för att invisa ballistiska robotar till luftvärnsförbandet.</p> <p>Missilförsvar är ett väl utforskat område, allt från bekämpningsförlopp till hur en sensorkedja ska se ut. Forskningen tar däremot inte upp vilka förutsättningar ett nyanskaffat radarsystem behöver innefatta för att bidra till att invisa ballistiska robotar för luftvärnsförbanden.</p> <p>I uppsatsen genomfördes en modellering, teknisk analys, där teorin <i>missilförsvar en kedja av event</i> nyttjades för att härleda krav på radarprestanda. En analys om hur organisationerna idag nyttjar radarsystem och hur de tekniska och taktiska kraven påverkar organisationen genomfördes med konceptet <i>militär nytta</i>.</p> <p>Resultatet visar att organisationen där radarsystemet tillförs behövde kompletteras med ett sensorkompani och säkerhetsförband för att uppfylla kravet till invisning. Mot bakgrunden av det scenario som togs fram för undersökning visar den tekniska analysen att radarn vara fordonsburen samt ha en räckvidd på 500 km och en höjdtäckning på 50 km. Den måste även vara kompatibel med Patriotsystemet samt en <i>sensorkedja för strategiskt partnerskap</i>. Nyckelord: Radarsystem, Sensorkedja, Ballistiska robotar, Missilförsvar, <i>Militär nytta</i>, Teknisk analys</p>		

## Abstract

### **-Conditions for a groundbased radarsystem**

With the new developments in international affairs, where NATO modernizes its missile defense system in Europe and Russia has placed tactical ballistic missiles in Kaliningrad, Sweden needs to acquire the ability to combat ballistic missiles. Sweden has therefore acquired the Patriot system, however without adding an early warning radar for the Air defense against ballistic missile.

Missile defense is a well-explored area, ranging from missile defense events to how a sensor chain should function. The research does not, however, discuss the abilities an acquired radar system needs to help guide ballistic missiles for Air defense units.

In this essay, a modeling and a technical analysis based on the theory *Missile defense a chain of events* are used to conclude requirements for radar performance. An analysis of how the organizations use radar systems today and how the technical requirements affect the organizations was implemented with the concept *Military utility*.

The result indicates the organization there the radar system will be implemented needs to be reinforced with a sensor company and a security unit to meet the requirement for guidance. The background of the scenario that has been developed for the analysis shows that the radar should be integrated to a vehicle, have a range of 500 kilometers and a height coverage of 50 kilometers. Battle management systems must also be compatible with the Patriot system and the sensor chain for strategic partnership.

Keywords: Radar systems, Sensor chain, Ballistic missile, Missile defense, Military utility, Technical analysis

## Innehållsförteckning

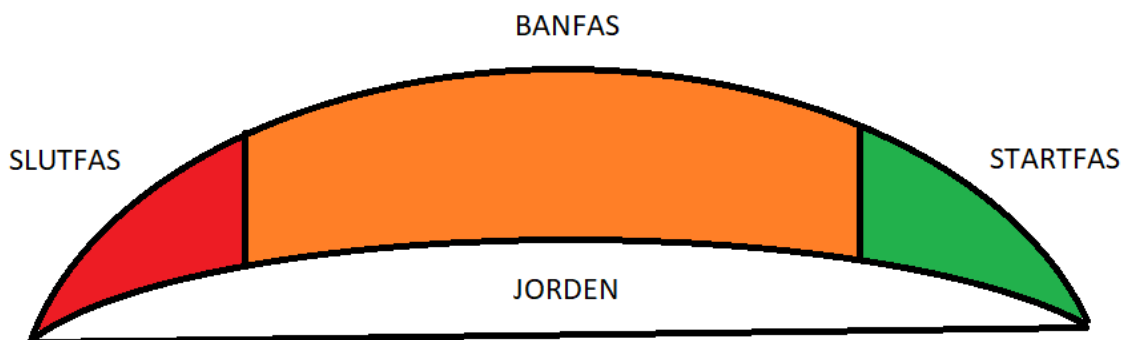
1	Inledning.....	5
1.1	Bakgrund .....	5
1.2	Tidigare forskning .....	7
1.3	Problematisering.....	8
1.4	Syfte.....	8
1.5	Studiens förväntade bidrag .....	9
1.6	Avgränsningar och antagande .....	9
2	Teori .....	10
2.1	Centrala koncept.....	10
2.1.1	Missilförsvar, en kedja av event.....	10
2.1.2	Militär nytta.....	12
2.1.3	Radarekvationen.....	14
2.1.4	Radarhorisonten .....	16
3	Metod .....	17
3.1	Skriftliga källor.....	18
3.2	Intervjuer .....	19
3.3	Matematiska beräkningar .....	20
4	Teknisk analys.....	20
4.1	Missilförsvar, en kedja av event .....	20
4.1.1	Underrättelseinsamlingsfasen.....	20
4.1.2	Tilldelning & planeringsfasen .....	27
4.1.3	Order & och mobiliseringsfasen .....	28
4.1.4	Övervakningsfasen .....	29
4.1.5	Upptäckt och målföljningsfasen.....	31
4.1.6	Bekämpningsfasen .....	35
4.1.7	Uppdragsutvärderingsfasen.....	38
4.2	Militär nytta .....	39
4.2.1	Militär effektivt .....	39

4.2.2	Militär lämplighet.....	40
4.2.3	Sammanställning av analysen från militär lämplighet .....	51
5	Diskussion .....	54
5.1	Förutsättningar i Försvarsmakten .....	54
5.2	Slutsats.....	55
5.3	Forskningsfråga .....	55
5.4	Vetenskapliga bidraget .....	56
5.5	Felkällor.....	56
5.6	Validitet och reliabelt .....	57
6	Vidare forskning.....	58
7	Referenser.....	59
7.1	Internetkällor .....	59
7.2	Försvarsmaktens doktriner, handböcker och publikationer.....	60
7.3	Skriftliga källor.....	61
8	Slutnoter .....	63

## 1.1 Bakgrund

Under ett decennium har planer på att förstärka det europeiska missilförsvarets delar varit prioriterat på den säkerhetspolitiska agendan.<sup>1</sup> NATO håller på att bygga upp ett missilförsvaret i Europa och den nya omvärldsförändringen har medförts att Ryssland, från 2018, har en permanent brigad av Iskander-M robotar placerade i Kaliningrad. Iskander-M har varit begränsad av INF-avtalet mellan USA och dåvarande Sovjetunionen vilket begränsade räckvidden till maximalt 500 km.<sup>2</sup> Från och med 2019 har USA och Ryssland dragit sig ur INF-avtalet och Rysslands president Vladimir Putin har även meddelat att Ryssland ska börja tillverka nya robotar samt att Iskander-M:s räckvidd troligen har en större räckvidd än 500 km i framtiden<sup>3</sup>.

Ett missilförsvaret mot ballistiska robotar kräver särskilda förmågor och en ballistisk bana kan delas in i tre faser, startfasen, banfasen och slutfasen (se figur 1). Startfasen börjar med en antändning av roboten och avslutas när robotens raket med sitt fasta eller flytande drivmedel har tagit slut, alternativt att robotens motor stängts av. Under startfasen kan marksensorer, luftburna sensorer och satelliter upptäcka och målfölja roboten. Om sensorn kan mäta ut robotens vinkel och hastighet när motorn har brunnit slut, kan robotens bana predikteras.<sup>4</sup> Banfasen eller den ballistiska delen och ungefär 75% av robotens bana består av banfasen. Under Banfasen är roboten utanför atmosfären och en spaningssatellit eller marksensor kan ta över målföljningen.<sup>5</sup> Slutfasen för ballistiska robotar eller återinträde har ingen definierad start utan påbörjas när jordens atmosfär börjar påverka robotens banprofil (ungefär på 100 km höjd). Slutfasen avslutas med att roboten har en hög hastighet och träffar målet alternativt på en viss höjd släpper sina subsstridsdelar som styrs mot målet.<sup>6</sup> I slutfasen används en eldledningsradar för att leda in roboten i syfte att bekämpa en ballistisk robot. Om eldledningsradarn ska ha förmåga att klara av detta behövs det invisning av den ballistiska roboten för att veta i vilken sektor radarn ska söka.<sup>7</sup>



Figur 1 visar en ballistisk robots bana, det gröna området är startfasen, orangea området är banfasen och det röda området är slutfasen.<sup>8</sup>

Den svenska Försvarsmakten har emellertid saknat väsentliga delar för en nödvändig missilförsvarsförmåga. I Försvarsmaktens inriktningsbeslut för verksamheten mellan 2016 - 2020 beskrivs det att arméstridskrafterna ska införa nya luftvärnssystem med kort respektive medellång räckvidd.<sup>9</sup> Orsaken är att den nya omvärldsutvecklingen har gjort att behovet till medellångräckviddsluftvärn är väsentligt för Sveriges säkerhet, då den dimensionerade hotbilden ställer krav på att det nya luftvärnssystemet skall klara av att bekämpa taktiska ballistiska robotar. Försvarets materielverk (FMV) fick i uppgift, den 19 maj 2016, av regeringen att påbörja förhandlingar om nya luftvärnssystem med behöriga myndigheter i Frankrike, Italien, Storbritannien, Tyskland och USA. I slutändan kvarstod luftvärnssystemet Patriot, då systemet bedöms klara de nödvändiga prestandakraven för att möta den dimensionerade hotbilden samt klara av att bekämpa taktiska ballistiska robotar. Systemet har även en hög grad av leveranssäkerhet. Med anskaffningen kommer befintlig materiel att integreras med Patriotsystemet. Det finns även planer på att införskaffa nya långräckviddiga radarsensorer.<sup>10</sup>

## 1.2 Tidigare forskning

*Natos missilförsvar, en analys av the Phased Adapted Approach* vilket förklarar hur Natos missilförsvar ser ut i Europa. Rapporten ger information om systemen och sensorkedjorna för att upptäcka kort och medelräckviddvida ballistiska robotar under hela robotens banfas.

Rapporten går också in på Sveriges möjliga nytta av Natos missilförsvar.<sup>11</sup>

Claes Silfwerplatz har studerat hur Sverige själv skulle kunna utforma ett försvar utan Natos paraply. C-uppsatsen *Utformning av ett svenskt försvar mot fjärrstridsmedel av typen kryssningsrobotar och ballistiska robotar* avhandlar hur ett svenskt försvar bör se ut för att kunna bekämpa de dimensionerade hoten och tar upp hur en sensorkedja kan se ut i framtiden. Silfwerplatz undersökning belyser sensorers förmåga att upptäcka ballistiska robotar via satellitspaning, flygburna sensorer och marksensorer.<sup>12</sup> Det som inte Silfwerplatz tar upp är vilka sensorsystem det finns i världen för att upptäcka och målfölja en robot.

Det gör istället FOI som har producerat rapporten *System för upptäckt av ballistiska robotar*. Rapporten avhandlar olika sensorsystem för att upptäcka kort-, medel- och långräckviddiga ballistiska robotar. Rapporten utgår från det sensorsystem som Sverige hade 1995. Delar det sensorsystemet har Försvarsmakten kvar än idag. Rapporten tar även upp andra länders sensorer och Sveriges möjligheter att anskaffa sensorer i framtiden för att upptäcka ballistiska robotar.<sup>13</sup>

Tidsskriftartikeln *Analysis of the optimal Frequency Band for a Ballistic Missile Defense Radar System* handlar om vilken frekvens som är mest optimal för att upptäcka den ballistiska roboten under dess slutfas i banan. Med matematiska formler kom forskarna fram till att ju högre frekvens radarn har desto högre precision får radarn. Ett av deras test var att kontrollera felmarginalen och hur den minskade med tiden mellan de olika frekvenserna. Resultatet var att om en ballistisk robot påbörjar sin slutfas på 60 km höjd så behöver en X-band radar 16 sekunder för att mäta in rätt höjd medan en S-band radar behöver 22 sekunder för att mäta in rätt höjd. Det är en skillnad på 6 sekunder vilket har en påverkan när det gäller en ballistisk robot. Det leder till att en radar behöver arbeta med högre frekvensområden vid invisning i slutfasen.<sup>14</sup> En rapport skriven 2006 från Naval Postgraduate School *Digital Array Radar for Ballistic Missile Defense and Counter-Stealth Systems Analysis and Parameter Tradeoff Study* behandlar hur sensorer på fartyg ska kunna upptäcka och följa ballistiska missiler under startfasen samt banfasen för roboten. Rapporten avhandlar information om upptäckt av

ballistisk robot intill dess att avfyra en robot för bekämpning av den ballistiska roboten. Det den här studien tar med i arbetet är reaktionstiden från upptäckt till beslutstagande att avfyra en robot vilket gjordes med simulationer genom matematiska beräkningar. Rapportens simulationer gjordes med en amerikansk radar som använder S-bandet samt med ett amerikanskt ledningssystem. Reaktionstid på en ballistisk robot med en räckvidd på 400 km var på 10 sekunder. Rapporten skrevs 2004 och datorernas utveckling har gjort att tiden för processhanteringen av data har blivit kortare och därmed kortare reaktionstid.<sup>15</sup>

### 1.3 Problematisering

Det finns ett ballistiskt robohot mot Sverige och Sveriges reaktion har varit att anskaffa Patriotsystemet för att bekämpa robotarna. För att kunna använda dess potential krävs en förmåga till invisning. Det svenska luftvärnet har idag tre spaningsradar; spaningsradar -90<sup>16</sup>, -91<sup>17</sup> och underrättelseenhet 23<sup>18</sup>. Sensorerna har en maximal räckvidd på 100 km vilket är kortare räckvidd än Patriots radar. Luftvärnet kan få i uppgift att skydda luftområdet runt Stockholm. Avståndet mellan Stockholm och Kaliningrad är 500 km vilket gör att luftvärnsregementets sensorer har för korta räckvidder i syfte att ha förmåga att förvarna eller invis mot en Iskander-M robot som är på väg mot svenskt territorium.<sup>19</sup> Det går att framgruppera sensorerna men även om sensorerna skulle framgrupperas så skulle stora delar av Östersjöns områdestäckning begränsa sensorers förmåga att upptäcka hotet, då robotarna avfyras bortom Östersjön. Sensorer behövs även för att lösa luftvärnets uppgifter, att bekämpa andra luftmål i luften vilket gör att sensorerna kommer att grupperas i insatsområdet där lavetterna är grupperade.

### 1.4 Syfte

Mot bakgrunden av problembeskrivningen och det tidigare forskningsläget konstateras det att invisningsförmågan av ballistiska sensorer kan lösas via satelliter, flygburna sensorer, fartygsbaserade sensorer, markbaserade sensorer eller att ingå som en del i NATOS missilförsvar PAA. Samtliga av dessa områdena är väl utforskade. Arbetet fokuserar på markbaserade sensorer då Försvarmakten planerar nya långräckviddiga sensorer som ska ersätta Ps 861.<sup>20</sup> Luftvärnet ska enligt arméns utvecklingsplan 2016 – 2025 tilldelas nya aktiva och passiva sensorer mellan 2021 – 2025.<sup>21</sup>

Syftet med det här arbetet är att bidra med kunskaper kring hur förmågan invisning av ballistiska robotar skulle kunna lösas med nyansskaffade markbaserade radarsystem. Studien bidrar med kunskap om vilka förutsättningar ett nyansskaffat radarsystem ställer på Försvarmakten.

Frågeställningen är därför

- *Under vilka förutsättningar kan ett nyansskaffat radarsystem, markbaserat i Sverige, bidra till förmågan att invisa luftvärnet för bekämpning av ballistiska robotar?*

### 1.5 Studiens förväntade bidrag

Arbetet bidrar med kunskaper kring hur förmågan invisning av ballistiska robotar skulle kunna lösas ut med ett nyansskaffat markbaserad radarsystem. Studien bidrar även med kunskap om sensornyttjande i Försvarmakten och hur organisationerna behöver förändras för ett nyansskaffat radarsystem ska få förmåga att invisa ballistiska robotar. Undersökningen bidrar med kunskaper om metod vilket kan användas vid en teknisk analys av ett system.

### 1.6 Avgränsningar och antagande

Arbetet avgränsar sig till att inte behandla överkomlighet i konceptet *militär nytta* då kostnader om system är sekretessbelagt samt att det finns för lite information för slutssatsdragningar. Studien tar inte heller upp politiska påverkningar gällande strategiskt partnerskap och värderar inte heller vilka länder det skulle vara. Artilleriet togs inte med i analysen av organisationer som har markbaserade sensorer då deras sensorer endast har i uppgift att lokalisera och varna för indirekt eld.

I det här avsnittet beskrivs ett antal koncept vilka är centrala för studiens tekniska analys och härledning med krav på invisningsförmågan

## 2.1 Centrala koncept

### 2.1.1 Missilförsvar, en kedja av event

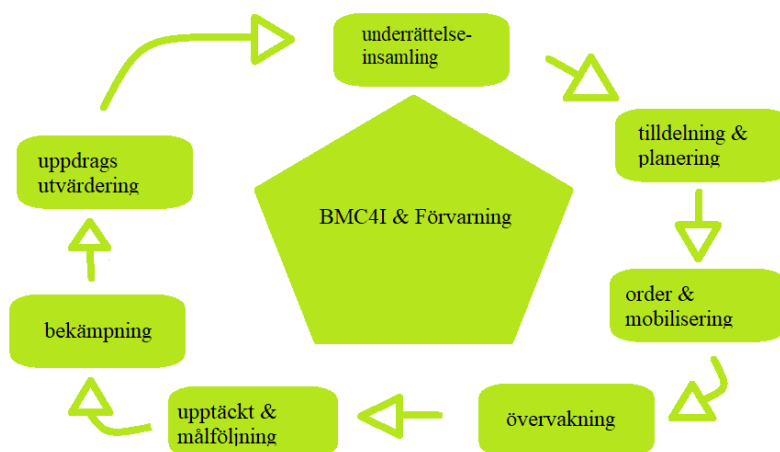
*Missilförsvar: en kedja av event* är en teori vilken syftar till att analysera de olika stegen som krävs för att skydda sig mot ballistiska robotar.<sup>22</sup> I grunden av teorin finns det två pelare som aktören måste ta hänsyn till, det är BM4CI och förvarning (early warning, EW). Den första stödpelaren i BM4CI består av stridsledning (battle management), ledningsplats (command and control), samband (communications), datorer (computers) och underrättelse (intelligence) som tillsammans bildar BM4CI. BM4CI bidrar till förmågor, processer, produkter och information för att samordna och synkronisera både offensiva och defensiva åtgärder och ge stöd för ett aktivt och passivt försvar.<sup>23</sup>

Stridsledning och ledningsplats består av planering, ordergivning, kontroll, samordning och verksamhetsgenomförande. Samband är till för spridning av information om robotar, motståndarens robotförmågor, infrastruktur och integrering av information från olika system till en sammanställd information för att öka effekten av system. Datorer är viktiga för att genomföra de olika delarna i BMC4I. Underrättelsedelen samlar in information om fiendens förmågor, aktivitet samt deras mål för att få indikatorer om var hotet kommer ifrån.

Information som är intressant är avfyringsplatsen i syfte att upptäcka mot vilket mål som motståndaren vill bekämpa och vad för stridsdel roboten är beväpnad med, det för att kunna analysera möjliga hotscenarion som kan användas vid planering av insatsen.<sup>24</sup>

Den andra pelaren i teorin är förvarning (early warning, EW) som framställs av information om den ballistiska robotens bana under färden. Det inkluderar en varning om avfyringsplatsen, som är viktigt för kunna prediktera var roboten kommer att slå ner i ett aktivt och passivt missilförsvar. Samverkan mellan olika sensorer gör det möjligt för en sensor att delge information om robotens bana vilket i sin tur underlättar för andra sensorer att leta efter roboten och det ökar sannolikheten för att andra sensor ska upptäcka roboten. Det gör det möjligt att använda olika typer av verkansmetoder vilket tas upp i analysen.<sup>25</sup>

De två stöpelarna är grunden för missilförsvarets kedja av event. Kedjan består av underrättelseinsamling (intelligence gathering), tilldelning och planering (allocation & planning), order och mobilisering (task and deployment), övervakning (surveillance), upptäckt och målföljning (detection & tracking), bekämpning (engagement) och uppdragsutvärdering (mission assessment) (se figur 2).<sup>26</sup>



Figur 2 visar teorin *missilförsvar, en kedja av event* där de olika stegen presenteras och där pelarna BMC4I och EW finns i mitten av bilden.<sup>27</sup>

Kedjan av event börjar med *underrättelseinsamling*, där motståndarens förmågor, aktiviteter, och syften insamlas för att få indikatorer om avfyringsplatser, mot vilket mål motståndaren vill slå mot och vilken stridsdel är roboten beväpnad med. Informationen används sedan i *tilldelning, planering, order & mobilisering* för att bestämma vilka system som ska mobiliseras till vilket insatsområde och delge en order. När mobilisering är genomförd måste information om motståndarens robotar och infrastrukturen till robotarna insamlas under *övervakning* och *upptäcka & målföljnings* fasen. Vid underrättelseinsamlingfasen kan information om robotens infrastruktur insamlas innan roboten har avfyrats. Vid mobila ballistiska robotsystem kan avfyringsriktning avslöja information om robotens bana vilket ökar sannolikheten för upptäckt för sensorsystemen. Målföljning av roboten kan ge en predikterad bana för roboten vilket underlättar för bekämpningssystemen. Uppdraget löses av att analysera alla faktorerens förmågor i kedjan. Beroende av uppdraget kan ett beslut i kedjan vara tvunget att omvärderas, till exempel placering av de egna systemen för att motståndaren har ändrat sin avfyringsplats. BMC4I och EW stödjer faserna i kedjan för att underlätta analysen av kedjans olika faser.<sup>28</sup>

Teorin valdes då den tar upp hela bekämpningskedjan för en ballistisk robot och förklarar bekämpningsprocessen för Patriot-systemet och radarsystemet. Med teorin genomfördes en systemmodell som härledde tekniska krav på ett radarsystem.

### 2.1.2 Militär nytta

Konceptet som ligger till grund för studien artikeln *Military utility: A proposed concept to support decision making* där konceptet kallas militär nytta (fritt översatt från engelskans Military Utility) och är till för att studera användning av teknik under militära operationer. Militär nytta är huvudkonceptet vilket är uppdelat i tre faktorer som ligger under nivå 2. Nivå 2 delas sedan in i flera olika indikatorer, de kan bytas ut för att anpassas efter syftet med analysen av militär nytta. De tre faktorerna är militär effektivt (military effectiveness), militär lämplighet (military suitability) och överkomlighet (affordability). Teorin är byggd på relaterande koncept inom samhällsvetenskap, militära domäner och systemteknik. Militär nytta använder kvalitativa förklaringar för att underlätta beslutande inom militären rörande teknik, försvarsplanering, utveckling, nyttjande och lärdomsprocesser.<sup>29</sup>

*Militär nytta* är ett sammanvägt mått från militär effektivt, militär lämplighet och överkomlighet.

För ett bedömmande av *militär nytta* behövs kunskap från tre situationsvariabler; faktorer av intresse (element of interest), militära aktören (military actor) och specifik kontext (specified context). Den militära aktören är den som har någon koppling till en militär organisation med militär kapacitet och med organisatoriska objekt.<sup>30</sup>

Faktorer av intresse är ett system vilket mäts mot ett antal indikatorer och i denna studien kommer faktorer av intresse vara markbaserade radarsystem. Faktorer av intresse från en militärteknisk synpunkt har en komponent, *militär nytta*, om den beaktas som en bidragande förmåga till ett system.<sup>31</sup>

För att analysera ett system så behövs kunskap om militäraktörens syfte. Militära syften är oftast bundna till ett militärt objekt eller ett uppdrag i en specifik miljö. Därför är det viktigt att förstå den specifika kontexten i syfte att kunna analysera situationens variabler vilket kommer påverka den militära aktörens förmåga att lösa sin uppgift. Variabler kan vara till exempel: fiendens förmåga, klimat, terräng, internationella lagar med mera.<sup>32</sup>

Militär effektivt är ett mått på den generella förmågan till att klara av uppgiften. Där faktorer av intresse analyseras från personalen eller materialen i insatsområdet. Militär effektivt mäts i

hur väl de kan utföra uppgiften.<sup>33</sup> I undersökningen utgör militärt effektivitet de härledda tekniska och taktiska krav från *teorin missilförsvar, en kedja av event* tekniska analys.

Militär lämplighet mäter vilken faktor av intresse som kan tillfredsställa den militära nyttan i den militära organisation med hänsyn till integration med de närliggande systemen vilket påverkar slutresultatet. Militär lämplighet har flera indikatorer vilket påverkar den militära nyttan: träning, material, personal, infrastruktur, information, doktriner, organisation, logistik och interoperabilitet. Arbetet avgränsas till att endast avhandla träning, personal, doktriner, organisation och infrastruktur. Materiel avgränsades bort av orsaken att organisation har redan befintlig materiel för att understödja ett radarsystem. Radarsystem syfte är att delge information och vara interoperabilitet med andra system, därav kommer indikatorernas information att vara integrerat i de övriga indikatorerna.<sup>34</sup>

Överkomlighet är ett mått på de maximala resurser en militär aktör har tilldelats för att uppfylla faktorerna av intresse i en tidsram inom en specifik kontext. Överkomlighet har 4 indikatorer vilket är LCC (livskostnaden för ett system), TOC (totala livskostnaden), andra kostnader av ägandet och allokerade resurser i budgeten.<sup>35</sup>

*Teorin missilförsvar, en kedja av event* nyttjades för att härleda tekniska och taktiska krav för att en markradarbaserad invarsningsförmåga ska vara militärt effektiv.

Teorin ger inte en fullständig förståelse av anskaffningen av ett nytt radarsystem markbaserat. Därav valdes militär lämplighet som använde indikatorerna personal, utbildning, doktriner, organisation och infrastruktur för att analysera vad den militär effektivt betyder för anpassning av befintliga organisationer.

Indikatorerna, personal, utbildning, doktriner, organisation och infrastruktur använde frågeställningar om vilka förändringar krävs på indikatorn givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja? Det gjordes i syfte att skapa en struktur i analysen.

<u>Faktor</u>	<u>Frågor</u>
Träning	Vilka förändringar krävs i utbildningen av personal givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja??
	Vilka förändringar i organisationens övningsverksamhet krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?
Personal	Vilka förändringar i personalkategori krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?
Doktriner	Vilka förändringar i doktriner, handböcker krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?
	Vilka förändringar i taktiken krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?
Organisation	Vilka förändringar i organisationen krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?
Infrastruktur	Vilka förändringar i infrastruktur (förvaringslokaler, skydd, underhållslokaler) krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?

**2.1.3 Radarekvationen**

Ett viktigt begrepp inom radar är frekvensband som förklarar vilket område en radar arbetar inom (se figur 3). I arbetet används de gamla beteckningarna.

Band	Frekvens	Våglängd
UHF	300-1000MHz	1m – 0,3m
L	1–2 GHz	30cm – 15 cm
S	2–4 GHz	15cm – 7,5 cm
C	4–8 GHz	7,5cm – 3,7cm
X	8–12 GHz	3,7cm – 2,5cm
Ku	12–18 GHz	2,5cm – 1,7cm
K	18–27 GHz	1,7cm – 1,1cm
Ka	27–40 GHz	1,1cm – 0,75cm

Figur 3 visar de olika bandens frekvenser, våglängdsområden.<sup>36</sup>

Mikrovågor utbredds nästan på samma sätt som ljus, där vågorna är väderberonde och påverkar radarns räckvidd. Mikrovågor dämpas av vatten, vattenånga och gaser i luften där blötsnö dämpar mest. Dämpningen är också beroende av våglängder, där större våglängd har mindre dämpning.<sup>37</sup>

$$R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t \cdot G \cdot A_e \cdot \sigma}{(4 \cdot \pi)^2 \cdot S_{min}}}$$

$R_{max}$  = radarns maximala räckvidd (m)

$P_s$  = radarns uteffekt (W)

$G$  = antennvinst

$A_e$  = antennens effektiva amplitud ( $m^2$ )

$\sigma$  = radarmålarea ( $m^2$ )

$S_{min}$  = minsta detekterade signaler (W)

Alla parametrar utom radarmålarean kan påverkas av en designer. Räckvidden kan förbättras genom att öka radarns uteffekt och transmissionerna ska koncentreras i en smal lob i syfte att öka antennvinsten. Antennens mottagare ska vara stor för att effektivisera radarns amplitud och vara känsligdetekterbar mot svaga signaler. Ekvationen ger inte en godtycklig prediktion av radarns räckvidd vilket beror på att parametrarna är situationspåverkande. Minsta detekterade signaler beror på en signalstörande miljö och radarmottagarens eget ljud. Förändringar och osäkerheter om luftmålets radarmålarea påverkar radarns räckvidd. Räckvidden påverkas även av förluster genom hela radarsystemet, av jordens horisont och av atmosfären. Ekvationens *räckvidd* är inte godtycklig för att prediktera räckvidder, det betyder dock inte att ekvationen inte fyller ett syfte. Ekvationens användbarhet är att värdera radarns prestanda och analysera vilka prestandakrav en ny radar ska uppfylla.<sup>38</sup> Det finns mer komplicerade radarekvationer för att kunna prediktera räckvidden. Anledningen till varför en mer komplicerad ekvation inte valts, grundar sig i att undersökningen inte kräver en godtycklig prediktion. Ekvationen används i syfte att analysera vilka prestandakrav en ny radar bör uppfylla.

#### 2.1.4 Radarhorisonten

Vid upptäckt av föremål på låg höjd begränsas radarns räckvidd till största del av det som kallas radarhorisonten. På grund av att jorden är rund har jordytan att ha en krökning vilket försvårar att se bortom horisonten. Det finns tre olika horisonter; geometrisk horisont, optisk horisont och radarhorisont. Både ljus och mikrovågor bryts i atmosfären och med höjden så avtar brytningsindexen. Ett lägre brytningsindex leder till högre hastigheter för elektromagnetiska vågor. Det leder till att de övre delarna av vågfronten breder ut sig längs med jordens yta med högre hastighet vilket i sin tur medför att vågfronten tippas framåt. Brytningsindexet är frekvensberoende och därför hamnar inte radarhorisonten och den optiska horisonten på samma ställe. Hur långt en radar kan se kommer dels bero på föremålets höjd och antennens höjd. Med radarhorisonts ekvationen kan radarhorisonten räknas ut.<sup>39</sup>

$$a = k \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

Försvarshögskolan  
OP-T 16–19  
Anton Englund  
a= räckvidd i kilometer

C-uppsats

k= konstant (om konstanten sätts till 4.12 får avståndet i kilometer)<sup>40</sup>

$h_1$ = radarantennhöjden i meter

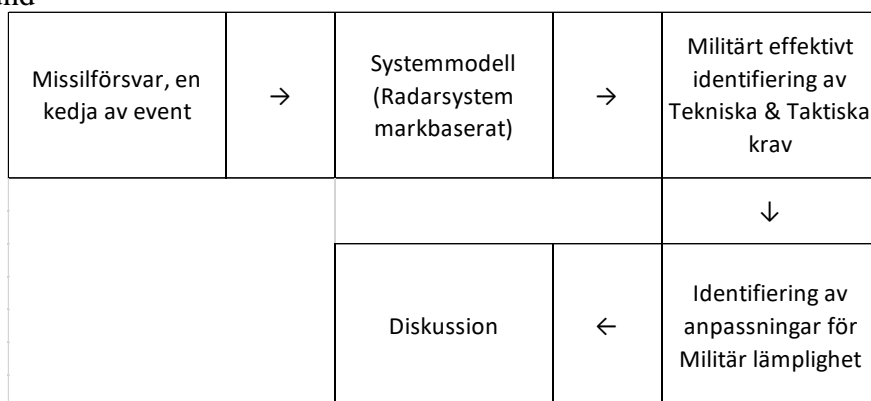
$h_2$ = föremålets höjd i meter

Ekvationen baseras på normalförhållanden i en standardatmosfär vilket innebär att i verkligheten, med varierande brytningsindex-faktorer, kan ge upphov till helt andra räckvidder. Faktorer som påverkar är luftfuktighet, lufttryck och temperatur.<sup>41</sup>

### 3 Metod

Författaren genomförde en modellering och teknisk analys, där teorin *missilförsvar, en kedja av event* nyttjades för att härleda tekniska och taktiska krav för att en markradarbaserad invisningsförmåga ska vara militärt effektiv. Utifrån konceptet *militär nytta* analyserades militär lämplighet samt militärt effektivt och vad det betyder för anpassning av organisationerna. Data utgörs av skriftliga källor, matematiska beräkningar och underlag baserat på intervjuer. (se figur 4).

I första steget utvecklades en systemmodell av teorin *missilförsvar, en kedja av event* med syftet att utgöra en grund för härledning av krav för förmågan att bekämpa ballistiska robotar. Ett markbaserat radarsystem och Patriotsystemet utgjorde grunden i analysen i syfte att kunna se integreringen mellan systemen och undersöka hela bekämpningsprocessen. Utifrån analysen, där de härledda tekniska och taktiska kraven togs fram för att utgöra grunden gällande vad som krävs för att en markradarbaserad invisningsförmåga ska vara militärt effektiv. För militär lämplighet användes indikatorerna personal, utbildning, doktriner, organisation och infrastruktur för att analysera vad militärt effektivt betyder för anpassning av militär lämplighet. Det gjordes genom att undersöka hur organisationerna idag nyttjar radarsystem och hur militärt effektivt påverkar organisationerna. Indikatorerna, personal, utbildning, doktriner, organisation och infrastruktur använde frågeställningar om vilka förändringar som krävs på indikatorn givet resultatet av att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja. Det gjordes i syfte att skapa en struktur i analysen. Under diskussionen, diskuterades analysen, slutsats, metoddiskussion samt vidare forskning.



Figur 4 visar metoden för arbetet.

### 3.1 Skriftliga källor

Vetenskapliga artiklar har i högsta mån används för att säkerställa validiteten av informationen. Vid brist på information från vetenskapliga texter har rapporter använts. Författaren har inhämtat information från FOI (Försvarets forskningsinstitut), där äldre rapporter inte hänvisar till källor. FOI är en svensk myndighet vilket stärker informationen. Information har även hämtats från tidigare forskning där källorna är granskade i syfte att stärka validiteten. En del av referenserna är av äldre slag men då de är baserade på fysiska lagar så är informationen fortfarande aktuell. De har även ett historiskt värde då de kan jämföras med nyare källor för att följa utveckling inom fältet. Försvarmaktens publikationer i form av rapporter, handböcker, doktriner och utbildningsunderlag har använts. Informationen är baserad på beprövad erfarenhet och saknar ofta en källhänvisning. Författaren använder dokumenten för att få förståelse för om den militära aktören och hur den militära aktören tänker använda systemet.<sup>42</sup> Information om Försvarmaktens system och personalkategorier inhämtades från Försvarmaktens internetsida i syfte att få uppdaterad information. Internetkällor av googlemaps, användes för att få ut avstånd mellan olika platser, där precision inte var av vikt för arbetet. Internetsidorna *Military today* och *Military watch magazine* användes för att få information om grupperingstider för Iskander-M. Två källor nyttjades för att jämföra informationen mellan sidorna. Information om utvecklingen av Patriot-systemet hämtades från internetsidan *Defense news*. I artikeln så har Defense news intervjuat en brigadgeneral i USA:s armé vilket stärker trovärdigheten för informationen.

Intervjuerna genomfördes i början av arbetet för att författaren skulle få förståelse för ämnet och hur forskningsläget var. Intervjuernas karaktär var semistrukturerade i syfte att utforska ämnet. Frågornas karaktär kretsade kring robotens startfas, banfas och slutfas samt förmågan att invisa och hur den skulle kunna lösas utav olika sensorer.

Undersökningar som har gjorts med intervju visar på att personer svarar olika beroende på hur de uppfattar intervjuaren som ställer frågorna.<sup>43</sup> I arbetet kan författarens militära bakgrund och grad ha påverkat hur respondenten har svarat på frågorna. För att kontrollera arbetets validitet så kontrolleras informationen från intervjuerna mot litteratur i syfte att säkerställa att informationen stämmer. En intervju kan vara påverkad av personens egen uppfattning, arbetet har därför flertalet intervjuer i syfte att få olika synvinklar på problemet. Det ska tilläggas att personerna som deltog i intervjuer har en koppling till Försvarmakten vilket gör att de kan ha en homogen syn inom ämnet.<sup>44</sup>

Personer som har intervjuats:

Informant 1 har en gymnasial utbildning med inriktning ingenjör och har jobbat som teleofficer och divisionsingenjör i flottan. Informant 1 har varit ämnesinstruktör på radar i 29 år. Informant 1 har lång erfarenhet av radarlära och är kunnig i sitt ämne, dennes långa karriär i flottan har påverkat denne och kan därför ha subjektiva uppfattningar om system som flottan använder. Kontakt med informant 1 var under lektioner där han var lärare. Intervjun genomfördes 2019-02-06 på FMTS.

Informant 2, arbetar på Saab med Future Sensor Capabilities (Business Development and Strategy, Business Area Surveillance). Informant 2 har sin grund i luftvärnet och arbetet med telekrig och passiva sensorer inom Försvarmakten. Att intervju en anställd person från Saab (försvarsindustrin) kan påverka intervjun eftersom personen eventuellt eftersträvar att sälja sina produkter. Kontakt med informant 2 skapades genom att personer från SAAB rekommenderade individen för dennes kunskap om aktiva och passiva sensorer. Intervjun genomfördes 2019-02-14 i Stockholm.

### 3.3 Matematiska beräkningar

De matematiska formlerna som har använts i arbetet kommer från boken *Introduction to Radar systems*.<sup>45</sup> Formlerna ger godtagbara värden för att göra beräkningar men ger inte perfekta värden. Beräkningarna som genomförs i arbetet saknar prestandavärden för att ge noggranna resultat och därav ger de endast värden med felmarginaler. Formlerna kan fortfarande ge tillräckliga värden för att kunna användas i arbetet i syfte att analysera de prestandavärden en markbaserad sensor behöver uppfylla för att lösa uppgiften invisning av en ballistik robot. Arbetet använder beräkningar för att stärka datainsamlingen och felmarginaler i beräkningarna bör beaktas.

## 4 Teknisk analys

### 4.1 Missilförsvar, en kedja av event

I *missilförsvar, en kedja av event* börjar varje fas med en empiridel. I slutet av varje fas genomförs en analys av empirin. I början av varje fas så ges en förklaring varför just den utvalda empirin togs med i den tekniska analysen.

#### 4.1.1 Underrättelseinsamlingsfasen

Kedjan av event börjar med *underrättelseinsamling*, där motståndarens förmågor, aktiviteter och syften insamlas för att få indikatorer om avfyringsplatser och mot vilket mål motståndaren vill slå ut samt vilken stridsdel roboten är beväpnad med.<sup>46</sup>

Enligt ovan, framhävs därför information om motståndarens förmåga att bekämpa sensorer. Intervjuer, *Handbok Motståndaren*, och *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik* används för att ge förståelse om hoten ett radarsystem kan möta. Information om avfyrningsplatser för Iskander-M inhämtades men även vilka mål Iskander-M kan användas för att slå mot. Det framförs även information om motståndarens förmåga vad gäller Iskander-M.

Motståndarens vilja är att förinta luftvärnet och sensorer i ett tidigt stadiet i syfte att få mer effekt av sina system. Radarstationer kan mätas in och ge en lägesbestämning genom signalspaning, satelliter, värmekameror och fotospaning vilket kan ske från motståndarens flyg. Om motståndaren kan lägesbestämma sensor eller ledningssystem kan bekämpning av systemen ske av vapen som är förprogrammerade mot sensorerna med hjälp av satellitnavigerings-teknik.<sup>47</sup> Signalspaningsmateriel kan upptäcka en radar långt utanför radarns maximala räckvidd.<sup>48</sup>

Åtgärder för att minska risken att bli upptäckt är att nyttja maskering och skenmål för att skydda och vilseleda motståndarens flygfoton och IR-kameror. Radarenheter bör eftersträva restriktiv sändning för att inte avslöja hela grupperingsområdet till motståndaren.

Radarsystemen ska även spridas ut i syfte att försvåra lägesbestämning för motståndaren.<sup>49</sup>

#### *4.1.1.2 Signalsökande robotar*

Signalsökande robotar (SSRB) har en passiv radarmålsökare avsedd för att visa in roboten i syfte att bekämpa radarsensorer. SSRB delas in i två kategorier signalsökande attackrobotar (SSARB) vilka är anpassade för mark- och sjömål. Signalsökande jaktrobotar (SSJRB) mot flygande radarstationer.<sup>50</sup> Målsökaren i roboten har förmåga att klassificera och lägesbestämma radarstationer. Klassificeringen sker av att roboten har ett hotbibliotek med information från radarns transmissioner. Målsökare är gjord för att klara av att hantera ett stort antal av radar vilket gör att de är bredbandiga och leder till att robotens känslighet försämras. För att lägesbestämma en radars position så mäter den vinkelförändringen som uppstår i förhållande till robotens flygriktning. Om radarns position kan fastställas före avfyrning förbättras träffsannolikheten för roboten. Målsökaren kan låsa på radarns huvudlob och använder tröghetsnavigering för att kompensera mot den glesa uppdateringen (antennrotationshastighet). I slutfasen används målsökarens sidolob för att ha kontinuerlig uppdatering. Radarn kan växla frekvens slumpmässigt i ett stort frekvensområde och det minskar robotens räckvidd. Robotens målsökningsförmåga beror också på målsökarens antenn, där en större antenn ökar riktningsnoggrannheten. Om radarn arbetar i längre våglängder behöver målsökaren en större antenn för att få en bra riktningsnoggrannhet. En signalsökande robots begränsning är antennens storlek och har därför svårt att verka mot en radar som arbetar med våglängder (>30 cm).<sup>51</sup>

Robotens banfas är att flyga över radarns huvudlob för att undvika upptäckt och slutfasen för roboten är att den dyker i en brant vinkel (40 grader – 60 grader). Israel har en obemannad beväpnad farkost (UCAV, Unmanned Combat Aerial Vehicle) vilket är en UAV som utgör en signalsökande robot. Israels system kallas HARPY och startas från en ramp på en lastbil vilken kan bära 18 stycken HARPY. UCAV har en räckvidd på 400 km och använder en passiv målsökare. Den har en patrullbana och om målsökaren upptäcker transmissioner från en radar dyker HARPY i en vertikal bana mot målet. Om radarn slutar sända innan HARPY når målet återgår HARPY i sin patrullbana. Patrulltiden för HARPY är 2 timmar och har en maxfart på 250 km/h. Konsekvensen är att UCAV kan avfyras på långa avstånd och det gör att det finns ett hot övertiden för en marksensor.<sup>52</sup>

Den ryska signalsökande roboten AS-17 Krypton vilken är gjord för att bekämpa en spanings- och eldningsradar uppträdandes både till land och till sjös. Roboten har en räckvidd på 110 km med en hastighet på 1050 m/s och kan avfyras mellan 100 – 15000 m höjd från flygplan. Medelfelläget för roboten är mellan 5 – 7 meter.<sup>53</sup>

Skydd mot SSARB kan ske genom att minimera sändningstiden där en SSARB kan ha en hastighet på 1000 m/s och om en radar inte sänder på 3 sek så har SSARB förflyttat sig 3000 m under denna tid. Det gör att SSARB träffsannolikhet minskar drastiskt, konsekvensen är att om radarstationen inte sänder, kan den inte delge några underrättelser. Andra åtgärden är att minska sidoloberna då SSARB använder sidoloberna då roboten anfaller. Det kan göras genom att gruppera enheten intill en hög höjd eller byggnad. Nackdelen blir då att sensorn har saknar radartäckning i det området. En annan åtgärd är att ändra sändningsparametrar ofta i syfte att försvåra för SSARB att låsa på radarn. Parametrarna är frekvens, PRF och pulslängd. Konsekvensen av det blir att det kan uppstå problem med markklotter på radarns sensorbild. Fältarbeten är den bästa metoden då en SSARB i stort sätt måste uppnå en direktträff för att slå ut stationen. Splitter från roboten kan skada antennen och masten men med fjärrstyrning av sensorer kan personalen överleva en attack mot sensorn.<sup>54</sup> En infrastruktur med fortifikation samt nyttjar ett hissystem kan även skydda masten och antennen mot ett anfall.<sup>55</sup>

*4.1.1.3 Specialförband*

Specialförband uppträder normalt i små enheter och har förmåga till att operera autonomt under långa insatstider. Specialförband kan genomföra underrättelseinhämtning för att lokalisera marksensorer. Deras metod är burna UAV, truppspaning, marksensorspaning och utfrågning av civilbefolkningen för informationsinhämtning. Specialförband kan också genomföra sabotage mot prioriterade mål som exempelvis en markradar men även mot logistik och ledningssystem.<sup>56</sup>

*4.1.1.4 Uppgifter för en ballistisk robot*

Den ballistiska roboten används till att bekämpa mål i det taktiska och operationella djupet på motståndarens insatsområde<sup>57</sup>. Roboten kan bära olika stridsdelar för olika uppgifter och är designad för precisionsattacker mot prioriterade mål, små enheter eller ett större område. Mål för roboten kan vara artilleri, markrobotsystem, luftvärn, uppställningsplatser för stridsflyg, ledningssystem, centraler för kommunikationsnoder.<sup>58</sup>

*4.1.1.5 Avfyrningsplats*

Det finns två möjliga avfyrningsriktningar, där taktiska ballistiska robotar kan avfyras som kan hota Sverige. Lagu och Kaliningrad har varsin bataljon av Iskander-robotar som utgör hotet<sup>59</sup>. Mellan Lagu och Stockholm är avståndet 680 km<sup>60</sup> som är det närmsta svenska markterritorium mot Lagu. Mellan Kaliningrad och Öland är det ett avstånd på 350 km<sup>61</sup> och är det närmsta svenska markterritorium intill Kaliningrad. Det betyder att det är det finns två olika riktningar som hotet kan komma ifrån. För att få reda på avfyrningsplatserna behövs underrättelseinhämtning.

*4.1.1.6 Ballistiska robotar*

Ballistiska robotar kan delas in i olika kategorier där den amerikanske indelningen används i denna studie. I den amerikanska indelningen finns 4 kategorier:

Förkortning	Betydelse	Räckvidd
SRBM	Korträckviddig ballistisk robot	< 1000 km
MRBM	Medelräckviddig ballistisk robot	1000 - 3000 km
IRBM	Mellanliggande räckvidd ballistisk robot	3000 - 5500 km
ICBM	Interkontinental ballistisk robot	> 55000 km

Figur 5 visar den amerikanska indelningen av ballistiska robotar.<sup>62</sup>

En ballistisk robot har tre generella banprofiler, utgående från att alla robotar har samma hastighet när motorn har brunnit ut så kan banprofilerna beskrivas enligt:

- Minimum energi ca  $45^\circ$  (minimum energy), ger den maximala räckvidden vilket fås om roboten har en optimal vinkel när motor har brunnit ut.
- Övergradsbana  $> 45^\circ$  (lofted), ger en högre altitud och precision vilket fås av en högre vinkel när motorn har brunnit ut. Generellt är övergradsbanan enklare att upptäcka för sensorsystem då robotens målarea blir större.
- Undergradsbana  $< 45^\circ$  (depressed), har en lägre vinkel när motorn har brunnit ut och når målet snabbare samt har en lägre altitud. Den lägre vinkeln gör att målarean blir lägre och svårare att upptäcka, konsekvensen blir att roboten får sämre precision.<sup>63</sup>

#### 4.1.1.6.2 Iskander- M

Iskander-M kan bära konventionella stridsdelar som är högexplosiva på 480 kg eller 700 kg, kluster vilket sprids ut runt 1 km höjd, termobarisk stridsdel, elektromagnetisk puls och nukleär stridsdel. Iskander-M:s räckvidd är beroende av vilken stridsdel som är monterad, 700 kg stridsdelen ger en räckvidd på 450 km och med 480 kg stridsdelen kan en räckvidd på 700 km uppnås.<sup>64</sup> Roboten använder optisk termisk målsökare som jämför målsökarens bild mot en nerladdad digitaliserad bild på målet. Det gör att roboten har en precision på 5 meter. Roboten använder även en krypterad datalänk mellan roboten och andra enheter, exempelvis en UAV för att uppdatera roboten med målkoordinater. Roboten kan också använda sig av satellitnavigering och tröghetsnavigering. Med en precision på 5 meter kan roboten förstöra bunkrar samt nedgrävda system och med hjälp av en datalänkförbindelse blir det möjligt för roboten att bekämpa rörliga mål.<sup>65</sup> Enligt FOI-rapporten *Några tekniska aspekter på ryska taktiska kärnvapen i Östersjöområdet* behövs det endast en Iskander-M robot för att bekämpa anläggningar placerade i ett bergrum.<sup>66</sup>

En Iskander-robot som avfyras och ska nå sitt mål på 500 km kommer ha en färdtid på 6 min vilket gör att försvaret måste ha en snabb bekämpningskedja. Roboten består av en raketmotor i ett steg som använder fast bränsle. Lavettfordonet kan bära två robotar och kan avfyras under en minut mot två olika mål. Under banfasen så flyger roboten under 50 km höjd (kvasiballistisk bana eller undersgradsbana), där roboten kan använda sig av kraftiga undanmanövrar för att undvika bekämpning av ett robotförsvar. Om roboten skulle flyga över

50 km så skulle roboten vara enklare för satelliter att följa. Robotens startfas varar i 25 sekunder och har en hastighet på 2100 km/s när motorn har brunnit ut och når en höjd mellan 12 till 15 km. Det betyder att en radar behöver upptäcka och följa roboten en stund innan bränslet har brunnit ut på 12 – 15 km. En radar som har mätt ut vinkel och hastighet när motorn har brunnit ut kan matematisk beräkna ut var roboten kommer slå ner.<sup>67</sup>

Om en signalspaning kan lägesbestämma positionen så kommer information skickas till en ledningscentral som ska besluta om att avfyra en ballistisk robot mot radarn. Om beslutet fattas, att avfyra en robot, måste robotlavetten få ordern om att gruppera och avfyra. Det tar runt 15 min och om robotlavetten redan är grupperad blir tiden runt 4 min<sup>68</sup>. Färdtiden för roboten är runt 6 min innan roboten når radarn.<sup>69</sup> Tiden från att ett signalspaningsflyg upptäcker tills att en Iskander-M når radarn, tar mellan 10 – 21 min.

#### *4.1.1.7 Slutsatser från underrättelseinsamlingensfasen*

Signalspaningssensorer är ett ständigt hot för en sensor som sänder. Det finns åtgärder för att göra det svårare för motståndaren att lokalisera sensorerna. De viktigaste åtgärderna är att sända restriktivt och att omgruppera ofta för att göra motståndaren osäker om sensorernas position. Fotospaning eller spaning med IR-sensorer kan minskas med hjälp av skenmål i syfte att efterlikna ett radarsystem. Maskering av materiell används i syfte att efterlikna omgivningen och maskeringen kan ha IR-dämpande effekt.

SSARB:s uppgift är att bekämpa sensorer, deras svaghet är att roboten behöver en sändande radar. Det skapar möjligheter att försvara sig mot SSARB. Den bästa metoden är att använda fältarbeten där en hjullastare kan gräva en grop för radarenheten, där den kan stå i syfte att skydda hytten. Hjullastaren kan skapa flera nedgrävda grupperingsplatser i syfte att skapa skydd som radarn skulle kunna omgruppera till. SSARB använder radarns sidolober för att leda in roboten i slutfasen. För att minska eller ta bort sidoloberna, kan radarn grupperas vid en höjd eller en byggnad. Då uppstår problemet med att det inte finns någon radartäckning i området. Det leder till att fler sensorer behövs i syfte att täcka upp radarskuggorna som bildas.

SSARB med en patrullbana gör att det finns ett ständigt hot med få åtgärder. Det behövs istället bekämpas av eget luftförsvar i syfte att öka effekten för radarsystemet. SSARB med en patrullbana har en hastighet på 250 km/h, det innebär att ett enklare och billigare luftvärnssystem har förmåga att bekämpa SSARB med patrullbana.

Specialförband skapar ett markhot för radarsystem vilket leder till att enheten behöver närskydd vid grupperingsplatserna. Säkerhetsförband ska hitta och bekämpa specialförband.

Iskander- M används för att bekämpa sensorer, ledningssystem, artilleri och bergrum. Det innebär att Försvarsmakten förband måste sprida ut sig och omgruppera ofta, allt för att skapa redundans mot ballistiska robotar. Det går inte längre att ha stationära ledningsstaber utan rörlighet är det bästa skyddet.

Radarsystemet behöver kunna nedgruppera och ta sig från sin grupperingsplats på under 10 min för att inte bli bekämpade av en ballistisk robot. Det stora problemet är att få reda på om ett signalspaningsflyg alternativt en satellit har lokaliserat radarsystemet då signalspaningsflyget eller satelliten kan vara utanför radarräckvidden. Däremot bör inte radarsystemet sända under långa perioder utan istället kortare perioder för att sedan omgruppera och låta en annan sensor ta över uppgiften. Då finns det alltid radartäckning och det blir svårare för motståndaren att agera. Motståndaren måste då korta ner sin beslutskedja för att hinna bekämpa radarsystemet. Omgrupperingstiden är mer riktad på att det ska gå fort att omgruppera i syfte att uppnå effekt igen. Det gör att stridsvärdet på personalen minskar men om systemet är enkelt att gruppera bibehålls stridsvärdet bättre. Det finns behov av att ett radarsystem har mer personal som kan bytas av i syfte att bibehålla ett högt stridsvärde men även samtidigt för att möjliggöra för systemet att användas dygnet runt.

Sammanfattande slutsatser:

- Omgruppera (nedgruppering under 10 min)
- Skenmål och maskering
- Fältarbeten
- Mobilradarsystem
- Närskydd
- Säkerhetsförband
- Fjärrstyrning
- Minska sändning av radarsystem
- Bekämpa SSARB som använder sig av patrullbana över sensorer.
- Minska sidolober

#### 4.1.2 Tilldelning & planeringsfasen

Under tilldelning och planeringsfasen, planeras det över hur Försvarmakten ska sprida ut sina förband samt hur förbanden ska ledas. Empirin i fasen består av, hur sensorerna ska styras samt hur ledningsförhållandena bör se ut för Försvarmaktens sensorer.

Alla sensorer behöver styrning samtidigt som behovet av att kraftsamla sensorerna för att öka effekten av sensorkedjan styrning. Styrning av sensorer kan genomföras med kort tidshorisont vilket menas med att styrning sker av individuella sensorer. Det gör att den individuella sensorn får en bättre effekt genom att minimera fördröjning av data under kritiska förlopp. Det kan ske komplikationer när styrning av många användare sker samtidigt, därför behövs det en order för hur det ska hanteras.

Styrning med medellång tidshorisont, även kan kallat resursallokering, är när sensorerna tillsammans skapar en större sensorbild. Traditionellt så tillhör sensorer ett förband som har haft full kontroll över sensorerna och samutnyttjande av sensorerna har skett på förbandens villkor där de prioriterar sina uppgifter istället för att låna ut sin sensorresursallokering. Det leder till att nyttjandetillståndet tar för lång tid. Sensorutnyttjande måste därför systematiseras, formaliseras och användas som ett tekniskt stödsystem. Sensorstyrning med lång tidshorisont är när en ledningscentral har mandatet över sensorer och som bestämmer operationsområde, när omgruppering sker samt hur de ska användas. Ett stort problem är hantering av all information och effekten av sensorer minskar jämfört med styrning med en kort tidshorisont.<sup>70</sup>

##### 4.1.2.1 Slutsatser från tilldelning & planering

En ballistisk robot med en räckvidd på 500 km kommer ha en färdtid på 6 min.<sup>71</sup> Det leder till att beslutskedjan måste vara kort i syfte att hinna reagera mot hotet. För att ett radarsystem ska kunna invisa en ballistisk robot behöver sensorerna ingå i en sensorsallokering. Problem som kan uppstå är att förbanden prioriterar sin uppgift först. Det gör att styrning med lång tidshorisont påverkas av att sensorerna leds från en ledningscentral och det behövs för att kunna hantera problemet med att förbanden ser sensorerna som sina. Problemet är att ledningsfunktionen har svårt att bearbeta all information den får av samtliga sensorer.<sup>72</sup>

Utvecklingen av datorer gör det möjligt för systemet att hjälpa till med beslutstagande samt med att sälla information.<sup>73</sup> Därför bör det finnas en ledningscentral som ansvarar för samtliga sensorer och som samlar informationen samt sprider den tillbaka till ledningsfunktioner på lägre förbandsnivå. Ledningscentraler ska även ge order om att bekämpa ett luftmål till de

lägre ledningsfunktionerna. Det gör att ledningscentralen inte detaljstyr vilken lavett eller vilket stridsflyg som ska bekämpa vad utan ger förbandet ansvar att själva bekämpa luftmålet. Ledningscentralen kan samordna försvarets resurser mer effektivt. Om ledningscentralen bekämpas så tar ledningsfunktionerna över ansvaret och kan även sekundaktuellt styra sensorerna. En order behövs även framställas som ger tydliga instruktioner till ledningsfunktionerna och radaroperatören. För att bästa effekt ska uppnås, behöver ledningsfunktionerna öva ofta tillsammans vilket minskar upptäckta friktioner.

Sammanfattande slutsatser:

- Sensorstyrning lång tidshorisont, med en ledningscentral – ledningsfunktion – sensorsystem.
- Samövning med hela ledningskedjan.

#### 4.1.3 Order & och mobiliseringsfasen

Under order och mobiliseringsfasen ges en order ut och förbanden mobiliseras. Empirin avhandlar mobilt respektive stationärt radarsystem samt insatsområden.

Det kan finnas olika marksensorsystem för att mobilisera, en mobil eller stationär radar. Fördelen med en stationär radar är att den redan är mobiliserad och kan användas dygnet runt för att ge underrättelse om luftrummet. I Sverige finns STRIL-kedjan som har stationära radarsensorer för att tillse att Sverige har luftövervakning dygnet runt.<sup>74</sup> En mobil radar kan omgruppera och mobiliseras där det krävs större prioritering av sensorer. Motståndaren har inte heller någon kunskap var en mobil radar befinner sig om inte radarn börjar sända. Nackdelen är att systemet behöver underrättelse om motståndarens aktiviteter innan en konflikt startar och mobila sensorer behöver mobiliseras innan resten av försvaret för att kunna skydda mobiliseringen.<sup>75</sup>

Iskander-M är i dagens läge grupperade i Lagu och Kaliningrad och de är de troligaste platserna där avfyring sker vid starten av en konflikt.<sup>76</sup> Det gör att sensorer behöver mobiliseras vid Stockholm och Öland för att sensorerna ska få bäst radartäckning, då jordens horisont påverkar hur lång räckvidd en markradar kan få.<sup>77</sup>

#### 4.1.3.1 Slutsatser från order & mobilisering

Stationära systems infrastruktur är med stor sannolikhet redan lokaliserad av motståndaren. Iskander-M har en förmåga att bekämpa bergrum, det gör att stationära radarsystem är föråldrade och inte ska användas i konflikter eller vid krig. En mobil sensor förespråkas då det gör att motståndaren har svårare att lägesbestämma sensorerna och var dessa har kraftsamlats. Det finns i dagsläget två olika hotriktningar där Iskander kan avfyras från. Det stora problemet är att avfyrningsplatser kan vara många och därav uppstår behov av underrättelseinhämtning i syfte att lokalisera avfyrningsplatserna. Radarsystemet behöver därför fler radarenheter på två olika insatsområden. Det behövs minst en sensorpluton i varje insatsområde för att ha förmåga att taktisera med sensorerna samt för att skapa redundans. Plutonerna kommer vara separerade från förbanden i syfte att ha möjlighet att framgruppera sensorerna. Det gör att plutonerna behöver ha varsin stab- och trosspluton i syfte att försörja plutonerna. Tillsammans skapar plutonerna ett kompani för att ha förmåga att lösa uppgifter. Det går även att nyttja stationära radarstationer men nackdelen är att de inte går att förlita sig på, då de troligtvis bekämpas i ett inledande sked av en konflikt.

Sammanställning av slutsatser:

- Fordonsmonterat radarsystem
- Organisationen tillförs minst ett sensorkompani.

#### 4.1.4 Övervakningsfasen

Övervakningsfasen innebär att radarsystemet har grupperat och övervakar luftrummet.

Empirin valdes utifrån konceptet *radarekvation*, i syfte att undersöka förutsättningar gällande vad ett radarsystem behöver för att ha förmåga till invisning av ballistiska robotar.

Radar bör använda frekvensband mellan L-band (1 – 1,6 GHz), S-band (2 – 4 GHz) eller C-band (4–6 GHz) med en medeleffekt mellan 80 – 100 kW för att klara av upplösningen, inmättningsnoggrannhet, störfasthet i syfte att prediktera robotens bana.<sup>78</sup> Valet av frekvensband bör väljas utifrån sannolikhet i syfte att upptäcka en ballistisk robot men även vilka befintliga radarsystem som finns. En sensorkedja bör ha olika sensorer inom frekvensbandet för att öka tillgängligheten av sensorkedjan. Atmosfären förändras efter vädret och kan påverka olika frekvensband. Det gör att en S-band radar kan ha en bättre radartäckning i en viss atmosfär medan en C-band radar kan ha bättre radartäckning vid andra förhållanden.<sup>79</sup>

Radarns entydiga avståndsmätning bör vara lika långt som Iskander-M:s räckvidd. De flesta källorna uppger ett avstånd på max 400–450 km. Roboten kan ha en lättare stridsdel som ger betydligt längre räckvidd på 700 km<sup>80</sup>.

AESA (elektriskt styrd gruppantenn) är en antenn som har ett stort antal små antennelement placerade i en rad som utgör själva antennen. Antennloben pekas genom att variera de utsända signalernas fasläge för varje antennelement i en rad som bildar antennen. Fördelar med AESA teknik är att ha kontroll över antennens lober och forma dem efter uppgiften.

En AESA:s förmågor kontra konventionell radar:

”

- Ökad detekteringsprestanda av mål med liten radarmålarea
- Ökad störtålighet
- Ökad mätnoggrannhet
- Ökad multifunktionskapacitet
- Ökad förmåga till målklassificering”<sup>81</sup>

AESA är högst relevant och det undersöks nu om AESA kan ha en multifunktion genom att vara en radar-, sambands- och signalinhämtningssensor i en antenn vilket skulle öka effekten för ett radarsystem.<sup>82</sup>

#### *4.1.4.1 Slutsatser från Övervakning*

Frekvensbandet har en stor påverkan på mikrovågornas dämpning i atmosfären. I de flesta fall är en längre våg bättre i syfte att öka räckvidden. Det beror på att längre vågor inte dämpas lika mycket kontra kortare vågor. Nackdelen är att upplösningen på luftmålet blir sämre desto längre vågen är. En räckvidd kan förbättras genom att öka uteffekten, antennvinsten och antennens effektiva amplitud. AESA antennegenskaper kan skapa små lober vilket gör att antennvinsten ökar. AESA kan motta signaler bättre än konventionella antenner vilket leder till minskad detekterbar signal. Det gör att en AESA-radar får bättre räckvidder kontra en konventionell radar.

Undersökningen nyttjar 500 km som räckvidd för radarns entydiga avståndsmätning då de flesta stridsdelarnas räckvidd ligger runt 450 km. Det är inte försvarbart att införskaffa ett radarsystem med 700 km räckvidd för en stridsdel.

Slutsatsen har kommit fram till följande krav:

- L-band, S-band eller C-band.
- AESA-antenn.
- Entydig avståndsmätning på minst 500 km.

#### 4.1.5 Upptäckt och målföljningsfasen

Under upptäckt- och målföljningsfasen undersöks radarsystemets förmåga att invisa ballistiska robotar. Den empiriska delen av upptäckt och målföljning består av matematiska beräkningar samt information om möjliga begränsningar för ett radarsystem. De matematiska beräkningarnas scenarion har sin grund i avfyrningsplatser samt insatsområden.

För att mäta vilken höjdtäckning en radar behöver minst behöver klara av görs beräkningar med en radar. En radar monterad på en mast ökar räckvidden då jorden har en horisont och för att kunna komma över träden och terrängen behövs en mast för att inte signalerna ska reflekteras eller dämpas.<sup>83</sup>

Den första beräkningen av radarhorisonten för en radar på en höjd på 13 meter. 13 meter valdes då underrättelseenhet 23 som är en radarenhet inom luftvärnet, har en masthöjd på 13 meter. En mast kan vara större men beräkningarna utgår från en masthöjd som redan finns.<sup>84</sup> Beräkningen tar scenariot om att en markbaserad radar är placerad på Öland och ska upptäcka och följa en robot som avfyras från Kaliningrad.

$$a = k \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

$a = 350$  km, mellan Öland till Kaliningrad<sup>85</sup>(räckvidd i km)

$k =$  konstant (om konstanten sätts till 4.12 får avståndet i kilometer)<sup>86</sup>

$h_1 = 13$  meter, mastens höjd (radarantennhöjden i meter)

$h_2 =$  föremålets höjd i meter

$$350 \text{ km} = 4.12 \cdot (\sqrt{13 \text{ m}} + \sqrt{h_2})$$

$$\frac{350 \text{ km}}{4.12} = (\sqrt{13 \text{ m}} + \sqrt{h_2})$$

$$85 - \sqrt{13 \text{ m}} = \sqrt{h_2}$$

$$81,4^2 = h_2$$

$$6625m = h_2$$

Radarn kommer upptäcka roboten först när roboten når en höjd på 6625 m. Genom att göra det enklare att beräkna tiden från upptäckt, till motorn brunnit slut, görs det ett antagande att hastigheten är 2100 m/s hela tiden. Om radarn kan mäta robotens vinkel och hastighet när motorn har brunnit ut kan robotens bana förutses. I verkligheten är roboten under acceleration under tiden och når hastigheten 2100 m/s när motorn har brunnit ut. Vid 12 – 15 km höjd så slutar startfasen för roboten och motorn har brunnit ut. Höjden 12 km valdes för att välja det svåraste scenariot för en radar.<sup>87</sup>

$$12000m - 6625m = 5375m$$

Radarn har 5500 m för att mäta robotens position och hastighet. Genom att ta avståndet och dela det på robotens hastighet resulterar det i hur många sekunder det tar för roboten att färdas 5375m.

$$\frac{5375m}{2100m/s} = 2.55 \text{ sekunder}$$

Radarn har 2.55 sekunder på sig att mäta robotens position och hastighet.

Beräkning av tiden för en puls att gå fram och tillbaka till målet, görs genom beräkning med formeln entydig avståndsmätning<sup>88</sup>

$$R = \frac{c \cdot t}{2}$$

R= 350 000m, avståndet mellan radar och mål

c=  $3 \cdot 10^8 m/s$ , ljushastighet

t= tiden för pulsen att gå fram och tillbaka till målet

$$350\,000m = \frac{3 \cdot 10^8 m/s \cdot t}{2}$$

$$\frac{350000m \cdot 2}{3 \cdot 10^8 m/s} = t$$

$$0.00233 \text{ sekunder} = t$$

Det tar en puls 0,00233 sekunder att färdas fram och tillbaka från målet (PRI). Då det tar 2.55 sekunder för roboten att färdas från upptäckt till att motorn har brunnit slut, kan man beräkna

hur många pulser radarn kommer hinna träffa roboten med genom att ta tiden delat på pulshintervallen.

$$\frac{2.55952 \text{ sek}}{0.00233 \text{ sekunder}} = 1098 \text{ pulser}$$

Rapporten *Digital Array Radar for Ballistic Missile Defense and Counter-Stealth Systems Analysis and Parameter Tradeoff Study* behandlar hur sensorer på fartyg ska kunna upptäcka och följa ballistiska missiler. De kom fram till att en S-bands radar med en räckvidd på 400 km behöver 10.88 sekunder från upptäckt till att en robot kan avfyra för att bekämpa den ballistiska roboten, där radarn är en sektorsökande radar.<sup>89</sup> För att kunna avfyra en robot så behövs det en radar som kan ge underrättelse om ballistiska robotens position och bana till roboten. Genom att beräkna att en radar behöver följa en robot under 11 sekunder är det möjligt att räkna ut vilken höjdtäckning en radar behöver ha. Hastigheten för roboten är 2100m/s och genom att multiplicera hastigheten med sekunderna får vi ut sträckan.

$$\frac{2100m}{s} \cdot 11 \text{ sekunder} = 23100 \text{ meter}$$

Höjdtäckningen fås genom att addera 23 100 meter med när roboten upptäcks vilket är på 6625 meter.

$$23100m + 6500m = 29725m$$

En radar behöver en höjdtäckning på 30 km för att kunna få en bra projekterad bana.

Roboten färdas enligt förra beräkningar med en hastighet på 2100 m/s

$$\frac{23500m}{2100m/s} = 11.2 \text{ sekunder}$$

Radar kommer även få fler pulsträffar vid en längre följning av roboten.

$$\frac{11.19048 \text{ sek}}{0.00233 \text{ sek}} = 4721 \text{ pulser}$$

4721 pulser träffar roboten om radarn har en radarhöjdtäckning på 30 km och informatör 1 som intervjuades sa att minst ett hundratals pulser behövs för att kunna få ut robotens projekterade bana.<sup>90</sup>

För att räkna ut den höjdtäckning som behövs för att radarn ska upptäcka och invisa roboten vid maximala räckvidden 500 km så användes radarhorisontekvationen igen.

$$500 \text{ km} = 4.12 \cdot (\sqrt{13 \text{ m}} + \sqrt{h_2})$$

$$\frac{500 \text{ km}}{4.12} = (\sqrt{13 \text{ m}} + \sqrt{h_2})$$

$$121 - \sqrt{13 \text{ m}} = \sqrt{h_2}$$

$$117^2 = h_2$$

$$13865 \text{ m} = h_2$$

Höjdtäckningen fås genom att addera 23 100 meter med när roboten upptäcks vilket är på 13 865 meter.

$$23100 \text{ m} + 13865 \text{ m} = 37000 \text{ m}$$

För att nyttja den maximala räckvidden för att upptäcka och invisa en robot så behöver radarn ha minst en höjdtäckning på 40 km. Ett problem med höjdtäckning är jonosfären vilken ligger mellan 50 km – 2000 km höjd. Jonosfären genererar högenergi partiklar som färdas från solen till jonosfären. Det gör att mikrovågorna kan brytas alternativt reflekteras mot jonosfären.

Högfrekvens över horisontradarn använder jonosfären för att reflektera mikrovågorna i syfte att få längre räckvidder. Mikrovågor som färdas i jonosfären påverkas av fenomenet *Faraday rotation of polarization*. Elektromagnetiska vågor påverkas av en rotation av polarisationsplanet när vågorna färdas i jonosfären och i ett magnetiskt fält (jordens magnetiska fält). Om en markbaserad radar skickar iväg mikrovågor för att upptäcka eller målfölja ett luftmål över 50 km, kommer mikrovågorna vara polariserade när vågorna träffar radarns mottagare. Om vågen har polariserat 90 ° kommer mottagaren få noll mottagna signaler då polarisationen är ortogonal mot den sändande antennen (om mottagaren och sändaren är samma antenn.). Polariseringens rotation varierar beroende på frekvens och hur många elektroner det finns i jonosfären. Mängden elektroner varierar beroende på vilken tid på dagen och tid på året. Radarsystemets gruppering påverkar rotationen och i vilken riktning antennen sänder mot (det beror på jordens magnetfält).<sup>91</sup> Iskander-M robotbanan är under 50 km vilket gör att en markbaserad radar inte behöver ha en höjdtäckning över 50 km.

Beräkningarna som har genomförts har tagit det svåraste scenariot i syfte att säkerställa att en markbaserad radar kan upptäcka och invisa roboten för bekämpningsenheterna.

Beräkningarna gjordes på en icke roterande radar vilken söker av en sektor och inte 360°. Om det skulle vara en radar med en roterande antenn skulle uppdateringshastigheten och pulsträffar vara för låga för att radarn skulle kunna prediktera robotens bana.

#### 4.1.5.1 Slutsats från upptäckt och målföljning

Beräkningarna har visat att radarns maximala räckvidd behöver minst en höjdtäckning på 40 km för att kunna prediktera robotens bana. En stor begränsning är jonosfären vilken börjar på 50 km höjd. Det utgör inga hinder för ett radarsystem, då Iskander-M:s robotbana är under 50 km. Radarsystemets höjdtäckning bör vara på 50 km för att kunna målfölja hela robotbanan som leder till att Patriot-systemet får invisning om var roboten befinner sig hela tiden. En höjdtäckning på 50 km skulle möjliggöra för att visa in en ballistisk robot som har en räckvidd på 700 km. En nackdel är att roboten är under banfasen och accelerationen av roboten är slut. Det betyder att roboten har 4 minuter ( $500\text{km} / 2,1\text{km/s}$ ) kvar från upptäckt till roboten når sitt mål. Rapporten *Digital Array Radar for Ballistic Missile Defense and Counter-Stealth Systems Analysis and Parameter Tradeoff Study* kom fram att från upptäckt till att avfyra en egen robot mot den ballistiska roboten tar runt 11 sekunder. Det gör att det är möjligt att hinna upptäcka och bekämpa en ballistisk robot under banfasen.

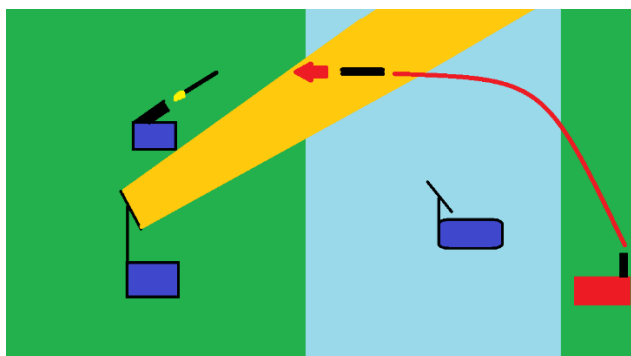
Sammanställning av slutsatser:

- Höjdtäckning 50 km
- Fsstyrd radar.

#### 4.1.6 Bekämpningsfasen

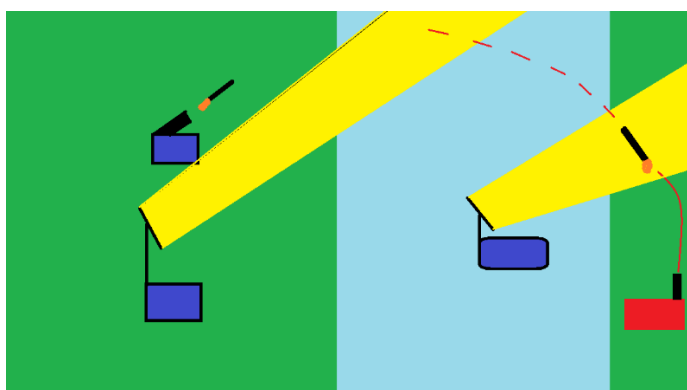
Bekämpningsfasen avhandlar hur samverkan mellan sensorn och Patriotsystemet ska ske för att ha förmåga att bekämpa ballistiska robotar. Empirin består av olika bekämpningsmetoder samt Patriotradarns prestanda då det avsågs undersökas vilka konsekvenser som kan uppstå för ett nyanskaffat radarsystem.

För luftvärnssystem finns olika metoder vid bekämpning av ballistiska robotar. Den första metoden är klassiskt engagemang (organic), det innebär att radar och robotlavetten ingår i samma system. Radarn målfångar och följer målet samt ger roboten information om måldata (se figur 6).



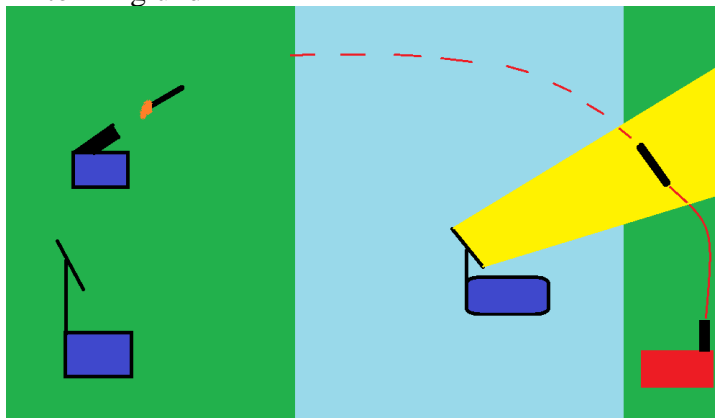
Figur 6 visar ett klassiskt engagemangsmod.<sup>92</sup>

För att kunna starta bekämpningsförloppet innan målet kan identifieras av egna sensorer, kan en annan sensor som är grupperad närmare avfyrningsplatsen, inledningsvis fånga och följa målet. Informationen skickas via en taktisk datalänk mellan systemen (se figur 7). Roboten avfyras innan egna sensorer kan se målet men systemets egen radar måste målfölja luftmålet i slutfasen i syfte att visa in roboten. Metoden kallas launch on remote (LoR).



Figur 7 visar launch on remote<sup>93</sup>

Den tredje metoden är fjärrstyrning (Engagemang on remote, EoR) där informationen kommer från en plattform och roboten avfyras från en annan plattform. Där behöver egna sensorer inte detektera målet utan informationen kan komma en annan plattform. (se figur 8).



Figur 8 visar metoden fjärrstyrning.<sup>94</sup>

Patriotradarn används som eldledningsradar samt spaningsradar och är fasstyrd. Radarn har en integrerad datalänk samt ett igenkänningsystem.<sup>95</sup> Det gör att roboten behöver radarn för invisning och kan endast använda metoden klassiskt engagemang i syfte att bekämpa en ballistisk robot. Patriotsystemet håller även på att utveckla en förmåga att använda fjärrstyrningsmetoden med det amerikanske luftvärnssystemet THAAD som har en längre räckvidd på sin sensor. Det planeras för att integrera flera sensorer i projektet i syfte att skapa förmågan LoR för Patriotsystemet.<sup>96</sup>

#### 4.1.6.2 Slutsatser från Bekämpning

Robotsystemet använder idag klassisk metod för att invisa Patriots robot. Radarn är fasstyrd och måste riktas mot hotriktningen för att kunna bekämpa en ballistisk robot. En radar kan använda olika *mode* för att anpassa radarns sökning beroende på uppgift. Om Patriot får invisning av en robot kan eldledningsradarn ändra *mode* och leta i en viss sektor. Det leder till en större chans för upptäckt och beslutskedjan blir kortare. Då blir det större sannolikhet för att en ballistisk robot bekämpas. Patriot utvecklar en förmåga till att samverka med andra sensorer för att använda LoR och fjärrstyrningsmetoden med THAAD-systemet. Skulle en nyanskaffning av ett radarsystem ha förmåga att samverka med Patriotsystemet skulle förmågan till att bekämpa ballistiska robotar öka. Det gör att ett radarsystem för invisning kommer bli allt mer viktigare i framtiden för Patriotsystemet.

Sammanställning av slutsatser:

- Radarsystemet ska kunna ge underrättelse om robotens predikterade bana till Patriotsystemet. Det ställer krav på ett ledningssystem som är operabelt med Patriotsystemet.

- Radarsystemet ska vara konstruerat för att enkelt modifiera ledningssystemet i syfte att kunna använda LoR-metoden för Patriotsystemet.

#### 4.1.7 Uppdragsutvärderingsfasen

Beroende på uppdraget kan beslut i beslutskedjan vara tvunget att omvärderas. Besluten kan exempelvis handla om placering av de egna systemen för att motståndaren har ändrat sin avfyringsplats.<sup>97</sup> Uppdragsutvärderingsfasen handlar även om hur systemet utvärderar bekämpningen av en ballistisk robot. Eftersom syftet var att analysera konsekvenser för en ballistisk robot valdes *eldgivningsdoktrin* som empiri baserat på att den utvärderar bekämpning av luftmål.

Sannolikheten att en robot träffar målet är aldrig 100% och för att öka sannolikheten finns det 2 olika metoder. Den första är Shoot-Look-Shoot(SLS) vilket innebär att en robot avfyras och en radar observerar om det blir träff eller inte. Om roboten missar målet avfyras en till robot. Den andra metoden är Shoot-Shoot-Look (SSL) där två robotar avfyras på samma gång och därefter observerar radarn om robotarna träffar eller missar målet.<sup>98</sup>

##### 4.1.7.1 Slutsatser från uppdragsutvärdering fasen

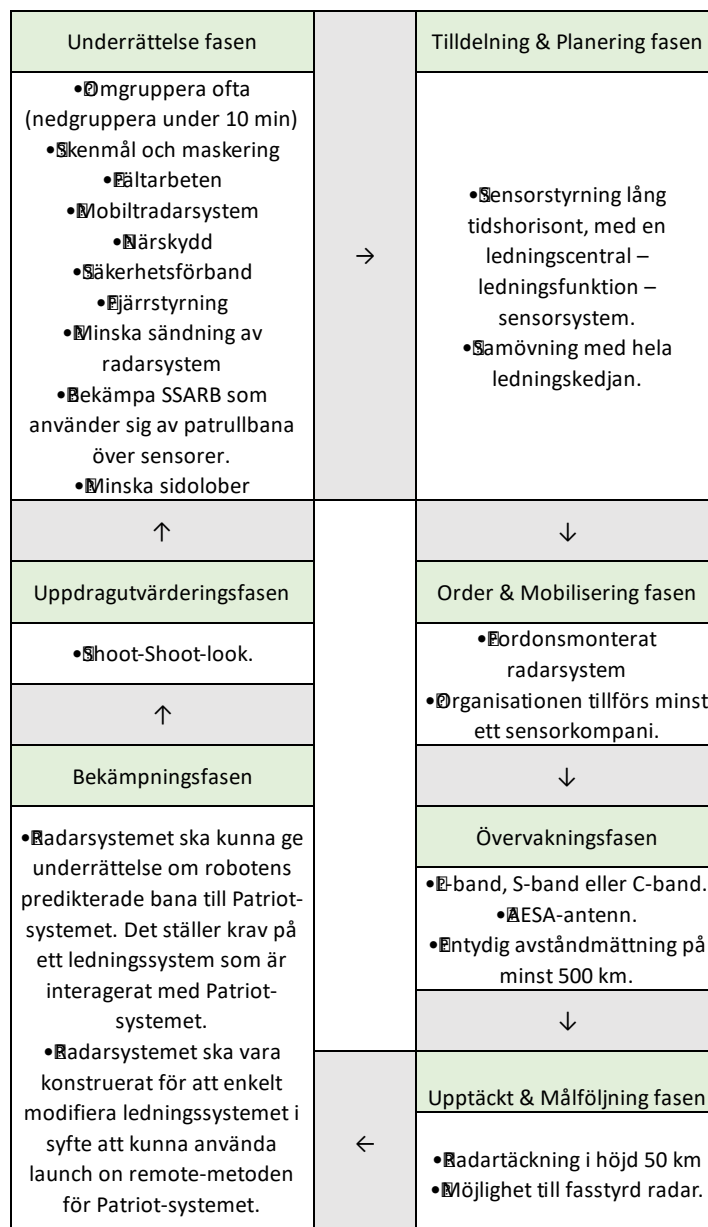
Vilken eldgivningsdoktrin som används på ett förband kan beskrivas i en stående order. Ett förband har endast en viss mängd robotar på lavetterna. Det gör att en fiende kan mäta ett förband, det innebär att motståndaren försöker tillse att alla robotar avfyras mot skenmål eller billigare versioner av UAV. När det inte finns några robotar kvar på lavetterna kommer det riktiga anfallet.<sup>99</sup> För att minska risken att bli mättad kan metoden SLS användas för att inte skjuta robotar i onödan. Om det är långsamma mål hinner man använda SLS för att spara på robotarna. Om det istället är en ballistisk robot så hinner inte luftvärnssystemet, med SLS-metoden, avfyra en andra robot utan då måste SSL-metoden istället användas. Patriot använder klassisk metod för att bekämpa ballistiska robotar, det gör att Patriotradar måste upptäcka målet innan robot kan avfyras. Utvecklingen av Patriot gör att i framtiden finns det möjligheter att använda LoR-metoden vilket skulle innebära att SLS-metoden skulle kunna användas vid bekämpning av ballistiska robotar.

Sammanställning av slutsatser:

- Shoot-Shoot-look.

### 4.2.1 Militär effektivt

Givet den tekniska analysen ställer missilförsvarsförmågan följande krav eftersom att en markradarbaserad invisningsförmåga ska vara militärt effektivt (se figur 9).



Figur 9 visar krav för att en markradarbaserad invisningsförmåga ska vara militärt effektivt. Figuren visar teorin *missilförsvar, en kedja av event* krav under varje fas.

## 4.2.2 Militär lämplighet

Det finns redan organisationer i Försvarsmakten som nyttjar markbaserade radarsystem. De har uppfyllt följande indikatorer för sitt nuvarande system: träning, personal, doktriner, organisation och infrastruktur. Författaren undersöker om hur militär effektivt påverkar indikatorerna i militär lämplighet. Under indikatorerna finns frågeställningar om vilka förändringar som krävs på indikatorn givet resultatet för kraven ur militärt effektivt. Först behandlas information från doktriner och handböcker i syfte att få insikt över hur organisationen brukar befintliga radarsystem. I slutsatserna analyseras sedan hur organisationen brukar befintliga radarsystem kontra militär effektivt. Syftet är att undersöka vilka förändringar organisationen behöver göra utifrån militär effektivt för att tillse att radarsystemet ska ha förmåga att invisera ballistiska robotar.

### 4.2.2.1 Personal

#### 4.2.2.1.1 Vilka förändringar i personalkategori krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?

Luftvärnsförbandet nyttjar idag radarsystemet underrättelseenheten 23. Om ett nytt radarsystem skulle tillföras luftvärnet så skulle troligtvis personalmängden inte minska. Personal som krävs är en troppchef, 3 st. underrättelseledare, 3 st. radaroperatörer, en systemtekniker, 4 st. radarsoldater och 3 st. radiolänksoldater. Sammanlagt består troppen av 15 individer.<sup>100</sup> I krig kommer även troppen att tilldelas en hemvärnsgrupp som närskydd för radarsystemet.<sup>101</sup>

Radarsystemet för STRIL är fjärrstyrt och behöver inte bemannas med personal i fredstid. I fred styrs allt från STRIC där minst en grupp av luftbevakningsofficerare arbetar dygnet runt. TDC har även personal som vakar över sensorernas drift med fjärrstyrning. Försvarsmaktens gemensamma larmcentral (FMLC) finns också. Larmcentralen övervakar larm från anläggningar.<sup>102</sup> I krig kommer hemvärnet, troligast minst ett kompani per anläggning, att skydda prioriterade anläggningar.<sup>103</sup>

Arméchefen har en säkerhetsbataljon till sitt förfogande, och kan understöda andra förband.<sup>104</sup> Stridslednings- och luftbevakningsbataljonen består av förbandsledning och bataljonsstab, stabskompani, 2 x strilkompani, rörlig radio och radarkompani och strilförsvarskompani. Där Strilförsvarskompaniet ansvarar att försvara STRIC och möjligheter att försvara sensorerna anläggningar. Det rörliga radio- och radarkompani omgrupperar radarenheter som tillhör

STRIL-kedjan vilket leder till att sensorerna kan kraftsamlas i ett prioriterat sensorområde.

STRIL kan även samverka med säkerhetsbataljonen angående skydd av anläggningar.<sup>105</sup>

#### 4.2.2.1.2 Slutsats

Militär effektivt yrkar på att radarsystemet ska ha närskyddsförband i syfte att skydda enheterna från specialförband. Radarsystemet kräver även att det finns säkerhetsförband i syfte att bekämpa specialförbanden. Luftvärnsförbandet kommer i konflikt alternativt i krig att understödjas av hemvärnsförband vilket har förmåga att agera närskyddsgrupper för radarsystemen. Luftvärnet har i dagsläget inga säkerhetsförband utan arméchefen kan besluta om att säkerhetsförband ska understödja luftvärnet i syfte att uppfylla detta krav. Då säkerhetsförbanden agerar på order av arméchefens, är det inte säkert att luftvärnet skulle understödjas av säkerhetsförband och därför bör egna säkerhetsförband anskaffas till luftvärnsbataljonen.

Hemvärnsförband ska även understödja STRIL:s skydd utav radaranläggningar där krävs det ett kompani. Det är på grund av att motståndaren troligen har kunskaper om anläggningarna i dagsläget. Strilförsvarskompanierna har säkerhetsplutonerna i organisation och därav behöver inte STRIL tillföra säkerhetsförband till organisationen.

Militär effektivt kräver att radarsystemet ska omgruppera ofta vilket gör att radarsystemet blir mer personalkrävande. På grund av omgrupperingar minskar stridsvärdet och för att säkerställa uthållighet på radarsystemet krävs det mer personal. Det grundar sig i att kunna byta operatörerna för att bibehålla förmågan invisa ballistiska robotar.

STRIL använder, till skillnad från luftvärnet, istället fjärrstyrning av sensorerna och har av den anledningen inget behov av extra personal. Militär effektivt yrkar på att organisationerna tillförs ett sensorkompani i syfte att ha förmåga till att framgruppera sensorer och för att kunna kraftsamla sensorer vid prioriterade sensorområden. Konsekvensen blir, för luftvärnet, att utöka den redan befintliga organisationen med ett sensorkompani. STRIL-organisation påverkas mer då förbandet även behöver tillföras en reparationspluton i syfte att kunna genomföra avhjälpande underhåll på kompaniets fordon. STRIL-organisationen saknar i dagsläget egen förmåga till avhjälpande underhåll på fordonsmateriel.

#### 4.2.2.2.1 Vilka förändringar krävs i utbildningen av personal givet resultat av den tekniska analysen?

Luftvärnet har följande personalkategorier för att betjäna ett radarsystem: troppchef, underrättelseledare, radaroperatörer, systemtekniker, radarsoldater och radiolänksoldater. Troppchefen, underrättelseledaren och systemteknikern är befattning som normalt innehas av specialistofficerare medan kategorierna radarsoldater, radaroperatörer och radiolänksoldater består av soldater. Specialistofficerare har ett minimum på 27 månaders utbildning. Specialistofficerare går ofta utbildningar utöver den tiden för att utöka sina kunskaper.<sup>106</sup> Soldaternas utbildning är mellan 9–11 månader beroende på befattning.<sup>107</sup>

Flygvapnets spaningssensorer använder sig utav fjärrstyrning där förebyggande och avhjälpande underhåll genomförs av försvarsmaktens gemensamma driftcentralen (TDC). STRIC som opererar flygvapnets sensorer består av luftbevakningsofficerare och specialistofficerare. Utbildningstiden för en luftbevakningsofficer är 42 månader.<sup>108</sup> Specialistofficeraren har en utbildning på 27 månader.<sup>109</sup> Utöver det behöver samtliga officerare gå ett års utbildning i Uppsala för att bli luftbevakningsofficerare.<sup>110</sup> TDC består till mestadels av civilanställda och kommer därför inte behöva någon militärutbildning och därför minskas utbildningstiden.<sup>111</sup>

#### 4.2.2.2.2 Slutsats

Luftvärnet använder sig av soldater för drift av radarsystemet medan STRIC har en lång utbildning på de som styr deras radarsystem. STRIC övervakar dock hela flygvapnets sensorer och leder stridsflygen vilket gör arbetsuppgiften är svårare vilket renderar i ett större ansvar. Det gör att utbildningen inte behöver förändras för militärpersonal. Flygvapnet nyttjar däremot civilanställda för underhållet av sina sensorer vilket förkortar utbildningstiden då personalen inte har någon militärutbildning. Vid krig blir dock civilanställda tvungna att förflytta sig till anläggningarna. Det är ofta stora avstånd mellan anläggningarna vilket skapar en stor sårbarhet och därför behövs extra personal i syfte att skydda dessa individer. Därför bör underhållspersonalen inom STRIL ha en militärutbildning, då de behöver ha förmåga att skydda sig själva. Militär effektivt ställer kravet på att organisationerna tillförs ett sensorkompani. För luftvärnet kommer det inte påverka utbildningen då liknade radarsystemutbildningar redan finns i organisationen. STRIL har ett rörligt radio- och

radarkompani men har inte fordonsburna radarsystem vilket innebär att organisationen behöver modifiera utbildningarna på ett nytt radarsystem. STRIL-organisation skulle kunna införa liknande utbildningar som luftvärnet har vilket minskar kostnader samt ökar effektiviteten. Baserat på indikatorn personal dras slutsatsen att luftvärnet behöver egna säkerhetsförband. Då luftvärnet inte har utbildningar för säkerhetsförband behövs nya utbildningar tillföras i syfte att utbilda personalen på säkerhetstjänst. STRIL förbandet saknar en reparationspluton vilket gör att utbildning av personal behöver tillföras.

#### 4.2.2.2.3 Vilka förändringar i organisationens övningsverksamhet krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?

Stridslednings och luftbevakningens system (STRILC) ansvarar för sensornyttjande av flygvapnets sensorer samt upprättande och distribution av auktoriserat luftläge.<sup>112</sup> STRIC gör det genom luftlägesinformationssystemet (LuLiS)<sup>113</sup> LuLis består till stor del av flygvapnets STRIC-information. Sensorer från flygvapnet tas emot och sammanställs i en stridsledningscentral och sänds därefter vidare ut till stridskrafter.

För att sprida LuLis till andra förband nyttjas försvarets telenät (FTN). Det är ett försvarsgemensamt, landsomfattande telenät för överföring av tal, data, text och bild. FTN består av fysiska infrastrukturteleanläggningar, radiolänkar och kommunikationssatelliter. FTN gör det möjligt för förband utspridda i hela Sverige att delge information mellan varandra. Förbanden kan vid en FTN-anläggning ansluta sig till FTN via en anslutningslåda.<sup>114</sup>

För att dela informationen mellan luftvärnets sensor använder sig luftvärnsbataljonen idag av ett radarsamverkansnät (PRSV) vilket är ett samverkansnät mellan sensorer för att dela information mellan sensorerna.<sup>115</sup> För att dela informationen används en radiolänk. Det fungerar genom att en riktad radioförbindelse skapar en sändning till och från en motstation. Flera stationer kan upprättas för att skapa en kedja som täcker en större geografisk yta.<sup>116</sup> Luftvärnsförband tar även emot information från LuLis men har dåligt med information om hur flygvapnet minuttaktiskt nyttjar radarstationerna.<sup>117</sup> Luftvärnet kan inte i dagsläget skicka in mål till STRIC vilket sedan kan presenteras i LuLis.<sup>118</sup>

I flygvapnets utvecklingsplan 2016–2025 står det att STRIL ska ha förmåga att innan 2025 ha samfunktion med marinens sjöbevakningscentraler (SjöC), telekrigsbataljonen och luftvärnet avseende delgivning av luftläget.<sup>119</sup> I arméns utvecklingsplan 2016 – 2025 står det som

förslag till utveckling att luftvärnet ska ha förmåga till dubbelriktat måldatautbyte med STRIC samt att det ska påbörjas ett införande under 2020.<sup>120</sup>

Informant 1 upplyste under intervju att det finns ett stort problem i Försvarsmakten som är kulturerna i stridskrafterna. De har en vilja att hävda sitt revir vilket försvårar samverkan mellan stridskrafterna. Att lösa det problemet tar tid vilket försvårar samordning av alla Försvarsmaktens sensorer.<sup>121</sup>

#### 4.2.2.2.4 Slutsats

Militär effektivt ställer krav på att sensorkedjan är väl samövad. Det kräver att stridskrafterna övar gemensamt flera gånger per år. Kravet att använda sensorstyrning lång tidshorisont kommer inte samövas då luftvärnsförbandet idag saknar förmåga till dubbelriktat måldatautbyte med STRIC. Det leder till att organisationerna inte uppfyller kravet *samövning* eftersom det övar med sensorstyrningen medellång tidshorisont. Radarsystemet bör därför ingå i luftvärnet vilket innebär att radarsystemet och Patriotsystemet ingår i samma förband. Anledningen till det är för att skapa en egen komplett sensorkedja som har förmåga till invisning av ballistiska robotar. Införandet av ett nytt radarsystem till luftvärnet skulle innebära att samtliga system, för att bekämpa ballistiska robotar, befinner sig på samma plats. Det skulle förenkla genomförandet av övningsverksamhet samt lösande av problem som kan uppstå vid införandet av ett nytt system. STRIC ska innan 2025 ha förmåga till dubbelriktad information med marinen, luftvärnet och telekrig för att kunna skapa en lång tidshorisontstyrning. Därför bör, i ett längre perspektivtänk, radarsystemet tillhöra STRIC. Det eftersom att STRIC styr sensorerna och inte förbanden. Det finns även en kultur i stridskrafterna att vilja hävda sina revir, det kan leda till friktioner om hur sensorerna ska användas samt en skillnad på hur sensorerna används av stridskrafter. Sensorstyrning med lång tidshorisont reducerar problemet, dock kommer omställningen kräva en stor omfattande verksamhetövning mellan stridskrafterna.

#### 4.2.2.3.1 Vilka förändringar i doktriner, handböcker krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?

Flygtaktisk stab (FTS) är en ledningsresurs för planering, genomförande, uppföljning och utvärdering av insatser för luftstridskrafter. FTS utger fyra olika order för genomförande av verksamhet:

- Operationsorder (OpO)
- Flygtaktisk order (FTO)
- Företagsorder (FgO)
- Luftrumorder (ACO)<sup>122</sup>

I samtliga beredskapssteg kan Flygtaktisk chef (FTCH) kan överta delar av det svenska luftrummet. Då behövs Airspace Control Order (ACO) vilket är en order som reglerar hur luftrumssamordning skall genomföras.<sup>123</sup>

”Luftförsvaret leds och samordnas operativt inom Försvarsmakten av flygtaktiskstab (FTS). Syftet med det är att uppnå optimal effekt av alla samverkande system. Detta är särskilt viktigt då våra resurser är begränsade och löser uppgifter över stora ytor. Grunderna i samordningen regleras bland annat i fastställda planer och order samt i Air Defence Plan (ADP). Grunderna för samordning i luftrummet regleras i Airspace Control Plan (ACP) och detaljerna i Airspace Control Order (ACO).”<sup>124</sup>

”Strid mot luftmål på taktisk nivå samordnas ytterst från Air Operation Center (AOC) och luftstrid samordnas på mandat från AOC med flygvapnets StriC (stridsledningscentral).”<sup>125</sup>

”Luftvärnsförband kan vid insats lyda under armétaktisk chef (ATCH) eller flygtaktisk chef (FTCH).”<sup>126</sup>

”Luftvärnsförbandens detaljerade verksamhet regleras i Sam Shorad Tactical Order (SSTO).”<sup>127</sup>

I militärstrategisk doktrin -MSD 16 framhävs hotet från taktiska kärnvapen och därför måste Försvarsmaktens försvar förbereda sig mot det hotet. Dessa vapen har lång räckvidd och vilket försvårar för ett land att försvara sig. Konsekvensen är att Sveriges möjlighet och förmåga till kvalificerat robotförsvar och förvarning endast kan skapas genom strategiskt partnerskap.<sup>128</sup>

I Handbok motståndaren framförs att markrobotar har en räckvidd på 400 km och med en träffnoggrannhet på 10 m. Markroboten kan montera konventionella-, termobarisk-, substridsdeltyp- och kärnvapenstridsdel, där stridsdelen väger 400 kg. Markroboten har en hastighet på 2000 m. Roboten används mot förtrögflytande mål, som kan vara stabsplatser, luftvärnssystem, samhällsviktiga funktioner eller större truppsamlingar. Organisationen förevisas också med förklaringen att varje lavett har två robotar. Handbok Motståndaren tar inte upp systemens namn, och organisationen och prestandan tyder på att markroboten är en Iskander-M.

#### 4.2.2.3.2 Slutsats

Försvarsmakten använder sensorstyrningen medellång tidshorisont och det framgår tydligt hur det ska styras i Försvarsmakten. Handböckerna visar tecken på problemet med sensorstyrningen medellång tidshorisont där luftvärnet kan ledas under armétaktiskchef eller flygtaktiskchef under en insats men samtidigt att luftförsvaret styrs av STRIC på mandat från AOC. Grundat i det kan problem skapas och orsaka friktioner vid ledningsförhållanden. Handböckerna bör tydliggöra ledningsförhållanden för luftvärnsenheterna. Brigadluftvärnet borde lyda under armétaktiskchef medan Patriotförbandet med sensorkompaniet borde lyda under flygtaktiskchef. Vid införande av sensorstyrning lång tidshorisont blir handböckerna och doktrinerna i behov av en revidering.

Förmåga till ett kvalificerat robotförsvar och förvarning kan endast skapas genom strategiskt partnerskap vilket är motsägelsefullt då försvarsmakten håller på att anskaffa materiel för att få förmågan. Texten bör ses över samt redigeras och bör istället skrivas i stil med *förmåga till ett kvalificerat robotförsvar och förvarning kan med strategiskt partnerskap ge en större operativ effekt*. Det gör att ledningssystemen i Försvarsmakten måste vara kompatibla med strategiska partnerskapets ledningssystem i syfte att öka förmågan.

Handboken Motståndaren är skriven 2016 och en revidering bör ske gällande information kring markroboten. Det som behöver tillägas i skriften är att Iskander-M har möjligheter till en räckvidd på 700 km och kan bära 700 kg stridsdelar.<sup>129</sup>

#### 4.2.2.3.3 Vilka förändringar i taktiken krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?

Handbok taktiska fältmässiga grunder står det:

”främst genom att utnyttja terrängen på ett lämpligt sätt. Skyddet förbättras genom fältarbeten, i första hand maskering och befästningsarbeten.”<sup>130</sup>.

I Handbok bataljon beskrivs hur en sensor ska ”radarsända kontrollerat för att minska risken för telestörning och bli bekämpad av signalsökande robotar. Radarsändning ska genomföras i terräng som möjliggör radartäckning för att lösa uppgifter.”<sup>131</sup>

Luftvärnsradartroppens skyddsåtgärder visar på hur en mobil marksensor uppträder för att minska hotet genom maskering av grupperingsplatser och anpassning efter dygnets påverkan. Det beskrivs att maskeringen ska kompletteras med maskeringsmateriel från omgivningen. Optik ska inte exponeras i onödan och radar- och radiodisciplin ska iakttas samt så ska även förbanden uppträda på ett oförutsägbart sätt.<sup>132</sup> Användning av skenmål ska ske för att vilseleda motståndaren och enheten ska omgruppera när den bedöms vara lokaliserad. Skyl ska prioriteras före bättre verkan om inte uppgiften kräver annat.<sup>133</sup>

I regementet *Taktik för luftoperationer* står det:

”STRIL-bataljonen har förmåga att omgruppera, förtäta, komplettera och ersätta delar av befintlig infrastruktur för flygradio, radar och radiolänk med transportabla system. Bataljonen har resurser för skydd av egna fasta anläggningar och av egna rörliga förbandsdelar vilket genomförs tillsammans med hemvärnsförband ur militärregionerna.”<sup>134</sup>

”För att reducera sårbarheten kan ska resurserna spridas samt ska även en redundans säkerställas in i systemet för att skyddas mot mark- och lufthot.”<sup>135</sup>

#### 4.2.2.3.4 Slutsats

Luftvärnsförbandet nämner inget om taktik för att minska sidolober i handböckerna vilket är ett krav från militär effektivt. Det kan bero på att luftvärnsförbandet har, i organisationens stående order, en mer detaljerad beskrivning av taktiken. Dock behöver taktik för att minska sidolober införas i handböckerna. Det kan vara i stil med *För att minska eller ta bort sidoloberna, kan radarn grupperas vid en höjd eller byggnad. Då uppstår dock problemet med att det inte finns någon radartäckning i området. Det leder till att flera sensorer behövs i syfte att täck upp radarskuggorna som bildas.*

Mycket av STRIL:s information är under sekretess, deras taktik är även anpassad för stationära radarsystem vilket gör att de inte uppfyller de tekniska kraven.

#### 4.2.2.4 Organisation

##### 4.2.2.4.1 Vilka förändringar i organisationen krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?

I handbok brigad tas luftförsvarets uppgifter upp samt vilka luftmål som ska bekämpas eller endast ges förvarning om. Det som är intressant är att taktiska ballistiska robotar inte omnämns i uppgifterna.<sup>136</sup>

Luftvärnets uppgifter är att ”skydda arméförband och deras verksamhet, annan verksamhet, andra stridskrafter, viktiga objekt och befolkningscentra.”<sup>137</sup> och ”syftet är att möjliggöra vår verksamhet genom att försvåra och i vissa fall förhindra motståndarens möjligheter till angrepp eller underrättelser från luften.”<sup>138</sup>

De generella förmågor som luftvärnet ska ha för att skydda ett objekt mot angrepp från luften är förmåga att upptäcka, identifiera och bekämpa luftmål. Luftvärnsförbanden har ett behov av att vara uthålliga samt ha en förmåga att verka under skiftande förhållanden vad gäller väder och sikt.<sup>139</sup>

I reglementet *Taktik för luftoperationer står det:*

”STRIL är även ansvariga för att luftbevakningen genomförs dygnet runt alla dagar på året i syfte att skapa och vidmakthålla en auktoriserad luftlägesbild. Insamling sker främst av fasta och rörliga sensorer, där rörliga sensorer kan vara flygburna sensorer eller luftvärnet sensor. De markbaserade luftbevakningssensorerna nyttjas av Strilbataljonen och drifhålls och underhålls av FMTIS och luftbevakningssensorer utgör grunden av luftlägesbild.”<sup>140</sup>

##### 4.2.2.4.2 Slutsats

Uppgifter och förmågor som ett luftvärnsförband ska klara av står tydligt beskrivet i handböckerna. Handbok brigad 2016 är relativt nyproducerad men uppgiften att bekämpa ballistiska robotar omnämns inte. Luftvärnet har dock en förmåga att bekämpa ballistiska robotar inom en snar framtid men det nämns inte i Handbok brigad angående hur uppgiften ska karaktäriseras. Därav måste luftvärnets uppgifter i handbok Brigad redigeras. Information om eldgivningsdoktriner finns varken i handböckerna eller doktrinerna. Därav bör handböckerna införa eldgivningsdoktrinen. STRIL:s uppgifter är väldigt generella, det kan

bero på att det existerar mer detaljerade handböcker som tydliggör uppgifterna under sekretess.

De förändringar luftvärnsorganisationen måste ta hänsyn till vid anskaffning av ett markbaserat radarsystem är att det ska vara fordonsburet och ha förmåga att nedgruppera på under 10 min. Det leder till att radarsystemet har möjlighet att gruppera vid höjder eller byggnader för att minska sidolober. De tekniska kraven kräver även att radarsystemet ska vara fjärrstyrt. Det innebär att operatörerna kan sitta i en hytt som är grupperad bortom radarn och det för att skydda personalen vid en attack mot radarn. Luftvärnet bör använda ett L-band alternativt ett C-band för att tillse att sensorkedjan har sensorer med olika frekvensband. Det innebär att sensorkedjan har en bra radartäckning vid olika väder, då frekvensband påverkas annorlunda beroende på väderleken. Systemet bör ha en radarhöjdtäckning på 50 km i syfte att ha förmåga till att målfölja hela robotbanan. Masthöjden ska vara minst 13 meter för att komma över skogspartier. Fältarbeten kan nyttjas då fordonet är grupperat i en grop. Luftvärnet har i dagsläget en spaningsradar med 360° täckning vilket gör det acceptabelt för luftvärnet att anskaffa ett radarsystem som är fasstyrt. Det förespråkas dock att radarsystemet ska ha förmåga att genomföra båda metoderna.<sup>141</sup> Det eftersträvas att framgruppera radarsystem för att få längre tid för beslutsfattande. Om radarsystemet skulle tillföras luftvärnsförbanden skulle sensorstyrning, medel tidshorisont tillämpas då luftvärnsförbandet äger alla system för bekämpning av ballistiska robotar. Det eftersträvas sensorstyrning lång tidshorisont för att få ut mer effekt av samtliga Försvarmaktens sensorer. Radarsystemet ska vara kompatibelt med Patriotsystemet och ha en förmåga till att samverka med ett strategiskt partnerskaps system. Luftvärnet har många varierande uppgifter som skapar olika friktioner beroende på vilken uppgift de ska lösa. Konsekvensen blir att luftvärnet behöver behärska flera olika scenarion som påverkar luftvärnets effekt.

De förändringar STRIL organisationen måste ta hänsyn till vid anskaffning av ett markbaserat radarsystem är att systemet ska vara fjärrstyrt. Det genomförs genom att koppla in radarsystemet till FTN i syfte att STRIC då får möjlighet till fjärrstyrning. Det leder till ett minskat personalbehov då sensorerna styrs från STRIC. Då STRIC kan ta emot måldata från sensorerna kan informationen spridas till luftvärnet. Ifall sambandet försvinner mellan radarsystemet och STRIC, ska radarsystemet ha möjlighet att ingå i luftvärnets sensorkedja. Det ställer krav att radarsystemet är kompatibel med Patriotsystemet samt att det kan samverka med ett strategiskt partnerskap. PS 861 använder S-bandet och om systemet ska

ersättas med ett nytt radarsystem bör radarsystemet använda S-bandet i syfte att tillse att Försvarmakten har sensorer i olika frekvensband. Radarsystemet ska ha en höjdtäckning på 50 km för att tillse målföljning av hela robotbanan. STRIL-sensorerna har i uppgift att luftbevaka Sveriges luftrum. Det gör att de behöver ha 360° radartäckning i syfte att inte få radarskugga. Radarsystemet ska även kunna vara fasstyrt för att ha förmåga att spana mot ett intressant område. STRIL använder bergrum för att skydda PS 861. Iskander-M som har förmågan att bekämpa bergrum gör STRIL-kedjan föråldrad och sårbar. STRIL kan ersätta samtliga radarstationer med rörliga radarsystem. Det skulle kräva en stor omorganisation alternativt ett anskaffande av ett rörligt sensorkompani i syfte att stärka upp områden som har sensorprioritering och för att säkerställa radartäckning i området. Det skulle betyda en mindre omorganisation och de stationära radarsystemen skulle kunna nyttjas i framtiden.

#### 4.2.2.5 *Infrastruktur*

##### 4.2.2.5.1 *Vilka förändringar i infrastruktur (förvaringslokaler, skydd, underhållslokaler)*

*krävs givet att den radar som specificerats ska ingå i en sensorkedja?*

Luftvärnsförbandet har idag tre spaningsradar; spaningsradar -90<sup>142</sup>, -91<sup>143</sup> och underrättelseenhet 23<sup>144</sup> som gör att underhållslokaler finns för radarsystem. Förvaringslokal kan behöva upprätta för att få plats med ett nytt radarsystem om inte radarsystemet ska ersätta någon av de äldre spaningsradar. I luftvärnets organisation så finns det ett stabs och trosskompani vilket har i uppgift att försörja och underhålla bataljonens materiell.<sup>145</sup> Det gör att radarsystemet, vid mobilisering, har tillgång till försörjning och underhåll för att skapa godtagbara förutsättningar i terrängen. Skyddet vid infrastrukturen är att förhindra obehöriga tillgång till förvaringslokalerna men det finns inget skydd mot konventionella vapen.

Flygvapnets spaningsradar 861 (PS 861) ska ersättas i framtiden och ett nytt radarsystem med förmåga att invisa skulle kunna vara ett alternativ.<sup>146</sup> PS 861 som tillhör STRIL-kedjan och anläggningen som är fortifikatorisk, skyddar materielen mot angrepp samt vädrets påverkan. För att antennen ska skyddas finns det ett hissystem vilket kan fälla ned antennen vilket leder till att den snabbt kan skyddas. Anläggningen skyddar mot fysisk bekämpning och den har även förmåga till C-skydd (kemiska vapen). Anläggningens sambandsmedel är en radiolänk vilket ingår i försvarets telenät.<sup>147</sup> Det gör att infrastrukturen är den samma vid fred som i krig och infrastrukturen för ett nytt radarsystem finns redan. Det enda som behöver bytas ut är radarmaterielen.

Luftvärnet har god infrastruktur under fredstid och organisationen skulle eventuellt behöva bygga nya förvaringslokaler för att anskaffa ett nytt radarsystem. I krig mobiliseras förbanden och har en tillräckligt god infrastruktur för underhåll av ett radarsystem i terräng. STRIL har en god infrastruktur för radarsystem i fred och i krig vilket skapar en god uthållighet på systemet. Nackdelen är dock att infrastrukturens fortifikation är föråldrad och inte kan upprätthålla skyddskraven för modern krigsföring. Om STRIL skulle omorganiseras till fordonsburna radarsystem så saknas infrastruktur vilket skulle leda till dyra kostnader.

### 4.2.3 Sammanställning av analysen från militär lämplighet

#### 4.2.3.1 Personal

- Införa säkerhetsförband till luftvärnet i syfte att skydda radarenheterna mot specialförband
- Organisationer bör tillföras dubbla personal till varje radarenhet i syfte att bibehålla uthållighet.
- Organisationerna bör tillföras minst ett sensorkompani och STRIL behöver tillföras en reparationspluton för avhjälpande underhåll för fordonmateriel.

#### 4.2.3.2 Träning

- STRIL:s civilanställda bör få militärutbildning i syfte att kunna skydda sig själva
- Vid införande av sensorkompani till STRIL behöver organisation införa ett nytt utbildningsprogram, liknade luftvärnets.
- Vid införande av säkerhetsförband till luftvärnet behöver organisation införa ett nytt utbildningsprogram.
- Organisationer övar inte med sensorstyrning lång tidshorisont då förmåga till sensorstyrning lång tidshorisont saknas i Försvarmakten.
- Radarsystemet får bäst förutsättningar för övningsverksamhet med luftvärnet, då samtliga system för förmågan bekämpa ballistiska robotar ingår i samma förband
- Vid införande av sensorstyrning lång tidshorisont har krävs en stor omfattande övningsverksamhet med samtliga stridskrafter för att minska friktioner mellan stridskrafter.

- Handböckerna bör tydliggöra lydningförhållanden för luftvärnsenheterna. Brigadluftvärnet borde lyda under armétaktiskchef medan patriotförbandet med sensorkompaniet borde lyda under flygtaktiskchef. Vid införande av sensorstyrning lång tidshorisont blir handböckerna och doktrinerna i behov av en revidering.
- I Handbok Brigad står det att förmåga till ett kvalificerat robotförsvar och förvarning kan endast skapas genom strategiskt partnerskap vilket är motsägelsefullt då försvarsmakten håller på att anskaffa materiel för att få förmågan. Texten bör ses över och redigeras, Texten bör ses över samt redigeras och bör istället skrivas i stil med *förmåga till ett kvalificerat robotförsvar och förvarning kan med strategiskt partnerskap ge en större operativ effekt.*
- Taktik för att minska sidolober bör införas i handböckerna. Det kan vara i stil med *För att minska eller ta bort sidoloberna, kan radarn grupperas vid en höjd eller byggnad. Då uppstår dock problemet med att det inte finns någon radartäckning i området. Det leder till att flera sensorer behövs i syfte att täck upp radarskuggorna som bildas.*
- Luftförsvaret förmågor i handbok Brigad redigeras och införa förmågan bekämpa taktiska ballistiska robotar.
- Handboken Motståndaren är skriven 2016 och en revidering bör ske gällande information kring markroboten. Det som behöver tillägas i skriften är att markroboten har möjligheter till en räckvidd på 700 km och kan bära 700 kg stridsdelar.
- Handböckerna bör införa eldgivningsdoktrinen.

#### 4.2.3.4 Organisation

*De förändringar luftvärnets organisation måste ta hänsyn till vid anskaffning av ett markbaserat radarsystem är att radarsystemet ska vara:*

- Fordonsburet.
- Nedgruppera under 10 min.
- Fjärrstyrt där operatörerna kan sitta i en hytt som är grupperad bortom radarn.
- Använda L-band alternativ C-band i syfte att sensorkedjan har sensorer i olika frekvensband.
- Radarhöjdtäckning på 50 km.

- Masthöjd på minst 13 meter i syfte att komma upp från marken och få bättre radartäckning.
- Fastyrd antenn, förespråkas en antenn med roterande antenn med förmåga till fastyrning.
- Radarsystemet ska var kompatibelt med Patriotsystemet samt har en förmåga till att samverka med ett strategiskt partnerskapsystem.

*De förändringar STRIL organisationen måste ta hänsyn till vid anskaffning av ett markbaserat radarsystem är:*

- Fjärrstyrt, där STRIC styr sensorerna i syfte att minska personalbehovet.
- Kompatibelt med luftvärnet samt Patriotsystem, då på grund av om förbindelse mellan STRIC och radarenheten försvinner ska system ha en möjlighet att ingå i luftvärnets sensorkedja.
- Kompatibelt med ett strategiskt partnerskapsystem.
- Radarhöjdtäckning 50 km.
- Roterande antenn med förmåga till fastyrning.
- Använda S-band i syfte att sensorkedjan har sensorer i olika frekvensband.

#### *4.2.3.5 Infrastruktur*

- Luftvärnet skulle eventuellt behöva bygga nya förvaringslokaler för att anskaffa ett nytt radarsystem.
- Med införande av ett sensorkompani med fordonsburna radarsystem till STRIL så saknas en del infrastruktur vilket skulle leda till dyra kostnader.

Först genomförs en diskussion om ett nyanskaffat radarsystemets förutsättningar i Försvarsmaktens organisationer. Därefter kommer slutsatsen och en metoddiskussion. Slutligen förslag på vidare forskning.

### 5.1 Förutsättningar i Försvarsmakten

Ett stort problem med Försvarsmakten är kulturerna i stridskrafterna. De har en vilja att hävda sitt revir vilket försvårar samverkan mellan stridskrafterna. Att lösa det problemet tar tid vilket försvårar samordning av alla Försvarsmaktens sensorer.<sup>148</sup> Det är en av flera anledningar till varför luftvärnsförbanden i dagsläget är den organisation som har bäst förutsättningar för anskaffande av ett nytt radarsystem. Om luftvärnet tilldelas Patriotsystemet skulle gör det enklare för samövning med ett nytt radarsystem då all kompetens samlas på en plats. Ledningssystemet skulle kunna vara anpassat för endast luftvärnsförbanden vilket inte skulle påverka övriga ledningssystem i Försvarsmakten. Då skulle det även vara möjligt att anskaffa ett ledningssystem kompatibelt med ett strategiskt partnerskapslands ledningssystem. Sensorstyrningen skulle bli på medellång tidshorizont vilket inte skulle påverka luftvärnsförbandet då det är deras sensorer. Det stora problemet är att sensorinformationen inte skulle kunna spridas till STRIC:s sammanställning av sensorbilden. Genom att påbörja införandet av systemet i luftvärnet minskas friktionerna då samtliga system är samlade på samma plats. Därefter skulle det överföras till STRIL-organisationen. Sett ur det längre förutsättningsperspektivet skulle införandet i STRIL-organisation vara det bästa alternativet. Det beror på att organisation har redan en rörlig radio och radarkompani som skulle kunna omorganiseras till fordonsburna radarsystem. Strilförsvarskompani gör att det inte behöver tillföras säkerhetsförband till organisationen. Det organisationen brister idag är, stationära anläggningar för sensorer, underhållspersonalen är civilanställda och sensorstyrning medellång tidshorizont.

- *Under vilka förutsättningar kan ett nyansskaffat radarsystem, markbaserat i Sverige, bidra till förmågan att invisa luftvärnet för bekämpning av ballistiska robotar?*

De generella förutsättningar ett nyansskaffat radarsystem, markbaserat i en organisation, bidra till förmågan att invisa luftvärnet för bekämpning av ballistiska robotar är följande.

Radarsystemet ska vara fordonsburet och kunna nedgruppera på under 10 min. Radarsystemet ska vara fjärrstyrt, det innebär för operatörerna att de sitter skyddade vilket minskar risken för att bekämpas vid en attack mot radarn. Frekvensbandet bör vara, ett L-band, S-band alternativt ett C-band i syfte att tillse att sensorkedjan har sensorer i olika frekvensband.

Vilket frekvensband som väljs bero på organisation för att säkerställa att Försvarsmaktens sensorer använder olika frekvensband. Syfte att säkerställa radartäckning i olika väder.

Radarsystemet bör ha en höjdtäckning på 50 km i syfte ha förmåga att målfölja roboten under hela robotbanan. Sensorräckvidden behöver ha en räckvidd på 500 km i syfte att kunna upptäcka Iskander-M robotens startfas. Radarsystem är fasstyrt, där förespråkas dock att radarsystemet samt ska ha förmåga att till roterande antenn. Det eftersträvas sensorstyrning lång tidshorisont för att få mer effekt av samtliga försvarsmaktens sensorer, dock fungerar sensorstyrning medellång tidshorisont. Radarsystemet ska vara kompatibelt med Patriotsystemet och ha en förmåga till att samverka med ett strategiskt partnerskapsystem. Organisationen skulle behöva tillföras ett sensorkompani i syfte att framgruppera sensorerna och verka autonomt. Säkerhetsförband och närskyddsförband behöver tillföras i organisationen i syfte att skydda radarenheten mot specialförband. Förvaringslokaler till radarsystemet skulle eventuellt behöva byggas inom organisationen i syfte att säkerställa underhållet av fordonen.

### 5.3 Forskningsfråga

Missilförsvar är ett väl utforskat område. Undersökningen bidrar med kunskaper om *Under vilka förutsättningar kan ett nyansskaffat radarsystem, markbaserat i Sverige, bidra till förmågan att invisa luftvärnet för bekämpning av ballistiska robotar.* Kunskaper om missilförsvarets bekämpningskedja är utforskat. Den här undersökningens forskningsfråga skiljer sig från andra då den här undersökningen undersöker svenska förutsättningar i Sverige utifrån militär lämplighet samt militärt effektivt.

## 5.4 Vetenskapliga bidraget

Det inomvetenskapliga bidraget med uppsatsen är tillämpningen av teorin *missilförsvar, en kedja av event* tillsammans med konceptet *militär nytta*. Teorin och konceptet visar hur kombinationen av dessa två kan användas för att analysera ett system. Arbetet bidrar med utvecklingen av en systemmodell baserat på teorin *missilförsvar, en kedja av event* vilken kan användas för att analysera en bekämpningskedja ur ett sensorperspektiv.

Uppsatsens utomvetenskapliga bidrag är att visa på vilka förutsättningar som krävs för att Sverige ska nyansskaffa radarsystem med förmåga till att invisa luftvärn för bekämpning av ballistiska robotar i Sverige. Förutsättningarna baserades utifrån *militär nytta*.

Undersökningen bidrar med kunskaper hur en organisation bör se ut för att ett nyansskaffat radarsystem ska få bäst verkan. I undersökningen användes doktriner och handböcker för att beskriva hur organisationerna använder sensorer. Doktriner och handböcker kan skilja sig åt mot hur organisationerna egentligen arbetar med sina radarsystem. Kulturen i organisationen kommer bidragande effekt på hur organisationen arbetar med sina sensorer.

## 5.5 Felkällor

Missilförsvar är ett system av system, där det finns många faktorer vilka påverkar resultatet. Det finns även brister med metoden att använda en kombination av teori och koncept för att analysera systemets påverkande faktorer. Överkomlighet i konceptet *militär nytta* användes inte då det finns begränsad information om kostnader. Det gör att arbetet inte kan besvara hur kostnader kommer att påverka anskaffningen. Arbetet ger istället svar på vilka förutsättningar ett radarsystem behöver ha för att få en god förmåga till invisning. De genomfördes två intervjuer i början av studien för att författaren behövde få kunskap om forskningsläget kring missilförsvaret. Det genomfördes inte några intervjuer med förbanden om hur de ser på anskaffningen av ett nytt radarsystem. Det finns en fördel med att författaren utgår från doktriner och handböcker och inte från organisationernas subjektiva åsikter. Nackdelen med att inte intervjua individer från organisationerna är att deras kultur inte undersökts. Författaren har sin bakgrund i luftvärnet vilket kan leda till att det finns omedvetna subjektiva slutsatser sprungna ur analysen. För att minska denna subjektivitet har slutsatser använts med en kombination av metoder, bland annat insamling av information från intervjuer, skriftliga källor och matematiska beräkningar. Flygvapnets handböcker angående STRIL är under sekretess vilket gör att informationen är bristande runt organisationen. Författaren anser att

informationen från reglementet *Taktik för luftoperationer* och tekniska order av PS 861 ger en godtagbar information om organisationen.

## 5.6 Validitet och reliabelt

Författaren genomförde en modellering och teknisk analys, där teorin *missilförsvar, en kedja av event* nyttjades för att härleda tekniska krav för att en markradarbaserad invisningsförmåga ska vara militärt effektiv. Utifrån konceptet *militär nytta* analyserades militär lämplighet samt militärt effektivt och vad det betyder för anpassning av organisationerna. Data utgörs av skriftliga källor, matematiska beräkningar och underlag baserat på intervjuer. Systemmodellen är en övergripande bild av helheten för ett system i syfte att skapa en tydlig struktur och kunna få fram information.<sup>149</sup> Teorin *missilförsvar, en kedja av event* tillser att det finns en struktur för systemmodellen och att rätt aspekter undersöks. Systemmodellen räcker inte till för att besvara frågeställningen. Därför nyttjades konceptet *militär nytta* för att stärka analysen av arbetet. Organisationerna luftvärnsförbandet och STRIL valdes då det är det troligaste valet där systemet skulle införas. Information om hur organisationen nyttjar radarsystemen idag togs med i undersökningen för att se hur anskaffning av ett nytt radarsystem skulle påverka organisationerna.

Författaren har i första hand försökt använda sig av skriftliga källor i form av vetenskapliga texter för att stärka trovärdigheten i informationen. Det finns en nackdel med att använda rapporter då de inte alltid är *peer-reviewed*. Författaren har därför inhämtat rapporterna från trovärdiga organisationer i syfte att stärka trovärdigheten i informationen. Försvarsmaktens publikationer i form av rapporter, handböcker, doktriner och utbildningsunderlag har använts. Informationen är baserad på beprövad erfarenhet och saknar ofta en källhänvisning.

Författaren använder dokumenten för att få förståelse för om den militära aktören och hur den militära aktören tänker använda systemet.

Kvalitativa data är vanligtvis ostrukturerade när de insamlas i sitt tillstånd och behöver därför koda innan de går att analysera. För att göra det användes teorin *missilförsvar, en kedja av event* för att skapa en systemmodell.<sup>150</sup> För att stärka validiteten nyttjades datainsamlingsmetoderna, intervjumetodik, matematiska beräkningar och skriftliga källor för att triangulering av informationen. Fördelar med en kvalitativ studie är att det skapas en djupgående studie med täta beskrivningar som förbättrar förklaringen av ett problem som har flera påverkansfaktorer.<sup>151</sup> Undersökningen använde olika datainsamlingsmetoder samt en

teori och ett koncept för att få olika synvinklar på problemet vilket minskar risken för subjektiva förutfattade meningar.

## 6 Vidare forskning

I denna undersökning har förutsättningar för implementering av ett nytt radarsystem undersökts. Brister vilka upptäckts och som kan ligga till grund för vidare forskning är hur organisationernas kulturer påverkar anskaffningen av nya system. Vidare forskning på arbetet med missilförsvaret kan därför vara att analysera vilka förutsättningar organisationernas kultur behöver för att förändras vilket kan bidra som en del till undersökningen gällande vilka krav som behövs för invisning och bekämpning av ballistiska robotar.

Militärstrategisk doktrin -MSD 16 tar upp att Sverige behöver hjälp utifrån av det strategiska partnerskapet för erhålla förmågan till bekämpning av ballistiska robotar<sup>152</sup> Därför blir det intressant att undersöka hur förberedd Försvarsmakten är på att integrera ett strategiskt partnerskapsystem med Försvarsmaktens system.

Vid brist på information gällande kostnader avgränsades denna undersökning till att inte undersöka överkomlighet. Det gör att det även behövs vidare forskning på att analysera överkomlighet vid anskaffning av ett nytt radarsystem samt hur det påverkar konceptet *militär nytta*.

## 7 Referenser

### 7.1 Internetkällor

- Arbeta vid FMTIS, Försvarsmakten, (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/organisation/forsvarsmaktens-telekommunikations-och-informationssystemforband-fmtis/arbeta-vid-fmtis/>), (Hämtad 2019-03-23).
- Försvarets materielverk, FMV leder studie om nytt radarsystem, 2016-09-28, (<https://www.fmv.se/sv/Nyheter-och-press/Nyheter-fran-FMV/FMV-leder-studie-om-nytt-radarsystem/>), (Hämtad 2019-02-26)
- Försvarsmakten; Spaningsradar 90; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/spaningsradar-90/>), (Hämtad 2019-02-10).
- Försvarsmakten; Spaningsradar 91; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/spaningsradar-91/>), (Hämtad 2019-02-10).
- Försvarsmakten; Spaningsradar 861; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/spaningsradar-861/>), (Hämtad 2019-02-21).
- Försvarsmakten; Underrättelseenhet 23; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/underrattelseenhet-23/>), (Hämtad 2019-02-10).
- Google; Google maps; (<https://www.google.se/maps/@56.5624259,20.4790497,4.89z>), (Hämtad 2019-02-10).
- Google maps, Google, (<https://www.google.com/maps/@58.9419762,23.4614445,5.99z>), (Hämtad 2019-03-16).
- Google maps, google, (<https://www.google.com/maps/@57.5090061,20.9427635,5.75z>), (Hämtad 2019-03-16).
- Iskarnder – Short-range ballistic missile, Military today, (<http://www.military-today.com/missiles/iskander.htm>), (Hämtad 2019-03-25).
- Judson, Jen, Army to get THAAD and Patriot systems to communicate within two years, Defense news, 2018-03-19, (<https://www.defensenews.com/land/2018/03/19/army-to-tie-two-critical-air-and-missile-defense-systems-together-within-two-years/>), (Hämtad 2019-03-18).
- Konceptuell systemmodell, Ne, (<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/uhdtv/konceptuell-systemmodell>), (Hämtad 2019-03-25).
- Luftbevakningsoperatör officer, Försvarsmakten, (<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/luftbevakningsoperat-officer/>)(Hämtad 2019-03-12.).

- Luftbevakningsoperatör specialistofficer, Försvarsmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/luftbevakningsoperatör-specialistofficer/>), (Hämtat 2019-03-12)
- Luftvärnssoldat robot/radar, Försvarsmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/luftvarnssoldat-robotradar/>), (Hämtat 2019-03-12).
- Marktekniker elektronik, Försvarsmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/marktekniker-elektronik/>), (Hämtat 2019-03-12).
- STRIC – Hjärtat i luftstriden, Försvarsmakten,  
(<https://blogg.forsvarsmakten.se/flygvapenbloggen/2018/10/31/stric-hjartat-i-luftstriden/>), (Hämtat 2019-03-24).
- SVT, Ryssland drar sig ur INF-avtalet; SVT; 2019-02-02;  
(<https://www.svt.se/nyheter/snabbkollen/ryssland-drar-sig-ur-inf-avtalet>), ( hämtat 2019-02-09).
- The Capabilities of Russia´s Iskander Ballistic Missile System; Can U.S. Air Defences Intercept Them?, Military watch magazine, (<https://militarywatchmagazine.com/article/the-capabilities-of-russia-s-iskander-ballistic-missile-system-can-u-s-air-defences-intercept-them/>), (Hämtad 2019-03-25).
- Underrättelseledare sensor radar, Försvarsmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/underrattelseledare-sensor-radar/>), (Hämtat 2019-03-12).

## 7.2 Försvarsmaktens doktriner, handböcker och publikationer

- Arméns utvecklingsplan 2016 – 2025, Rapport, Stockholm, Högkvarteret, 2016-02-29.
- Beskr STRILRANL 861, Försvarets Materielverk, M7773-463571, 2015, flik. 4.
- Flygvapnets utvecklingsplan 2016 – 2025, Rapport, Stockholm, Högkvarteret, 2016-04-22.
- Försvarsmakten, Handbok armé – brigad, Försvarsmakten, Stockholm, 2016.
- Försvarsmakten, Handbok logistik vid insats 2016: H Log ins, Försvarsmakten, Stockholm, 2016.
- Försvarsmakten, Handbok Markstrid – bataljon, Försvarsmakten, Stockholm, 2016.
- Försvarsmakten, Handbok Markstrid - motståndaren, Försvarsmakten, Stockholm, 2016.
- Försvarsmakten, Handbok sa Försvarsmakten, mband grunder, Försvarsmakten, Stockholm, 2016.
- Försvarsmakten, Handbok luftvärnsradartropp 23: Handbok Lvrrt 23 2018, Försvarsmakten, Stockholm, 2018.
- Försvarsmakten, Militärstrategisk doktrin: MSD 16, Försvarsmakten, Stockholm, 2016,  
(<http://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/doktriner/militarstrategisk-doktrin-2016-ny.pdf>), (Hämtat 2019-03-24).
- Försvarsmakten, Reglemente Armé Taktik: R AR Taktik 2013, Utg. 2013, ändr 1, Försvarsmakten, Stockholm, 2017.
- Försvarsmakten, Taktik för luftoperationer: reglemente, Försvarsmakten, Stockholm, 2017.

- Göthe, Peter. Språkregel rörande anskaffningsprocessen för ett nytt medellångräckviddigt luftvärnssystem m.m., Rapport för Arméchefen vilket är försvarsmakten talesperson. Stockholm: LEDS PLANEK, 2018-06-28.

### 7.3 Skriftliga källor

- Andersson, Kent, Bang, Martin, Marcus, Carina, Persson, Björn, Stuesson, Peter, Military utility: A proposed concept to support decision making, *Technology in Society*, nr. 43 (2015): 23-32, doi: [10.1016/j.techsoc.2015.07.001](https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.07.001), (hämtat 2019-02-10).
- Bacchus, Carla, Barford, Ian, Bedford, David, Chung, Jack, Dailey, Paul, Hazle, Robert, Hill, Stanley, Mihocka, Mark, Digital Array Radar for Ballistic Missile Defense and Counter-Stealth Systems Analysis and Parameter Tradeoff Study, Rapport, Monterey California, Naval Postgraduate School, 2006. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a460500.pdf>, (hämtat 2019-02-2).
- Dang-An, Nguyen, Byoungho, Cho, Chulhun, Seo, Jeongho Park, Dong-Hui, Lee, Analysis of the Optimal Frequency Band for a Ballistic Missile Defense Radar System, *Journal of Electromagnetic Engineering and Science* 2018;18(4):231-241. doi: <https://doi.org/10.26866/jees.2018.18.4.231>, (Hämtat 2019-02-21)
- Forss, Stefan, The Russian operational tactical Iskander missile system, *National Defence University Department of Strategic and Defence Studies*, vol. 4, no. 42, (2012), 1-24, ([http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84362/StratL4\\_42w.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84362/StratL4_42w.pdf?sequence=1&isAllowed=y)), (Hämtat 2019-03-06),
- IHS Jane's land warfare platforms. Artillery & air defence., IHS Jane's, IHS Global Limited, Coulsdon, Surrey, UK, 2013.
- Moo, Peter W.; Difilippo, David J, Multifunction RF Systems for Naval Platforms, *Sensors*, Vol.18, Nr. 7:2076, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/s18072076>, (Hämtat 2019-03-19).
- Sankaran, Jaganath, The United States' European Phased Adaptive Approach Missile Defense System: Defending Against Iranian Missile Threats Without Diluting the Russian Deterrent. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2015. [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR957.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR957.html). (Hämtat 2019-02-19).
- Sivertun, Åke, Militärgeografi och GIS – delar av militärteknik, *Kungl Krigsvetenskapsakademiens Handlingar och Tidskrift*, no. 1 (2012); 108-120, [http://kkrva.se/wp-content/uploads/Artiklar/121/kkrvaht\\_1\\_2012\\_12.pdf](http://kkrva.se/wp-content/uploads/Artiklar/121/kkrvaht_1_2012_12.pdf), (Hämtad 2019-02-26).
- Dalberg, Eva, Goliath, Martin, Stenmark, Mårten, Några tekniska aspekter på ryska kärnvapen i Östersjöområdet, Rapport, FOI-R--3255--SE, Stockholm, FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut, 2011.
- Dalsjö, Robert, Berglund, Christofer, Jonsson, Michael, Bursting the Bubble – Russian A2/AD in the Baltic Sea Region: Capabilities, Countermeasures, and Implications, Rapport, FOI-R--4651—SE, Stockholm, FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut, 2019
- Ekblad, Ulf, Mylén, Leif, System för upptäckt av ballistiska robotar, Rapport, FOA-R—95-00168-9.4, 3.3—SE, Stockholm, FOA, Försvaret Forskningsanstalt, 1995.

- Lennartsson, Anders, Lindvall, Fredrik, USA:S bidrag till Natos missilförsvar, En analys av the Phased Adapted Approach, Version 2, Användarrapport, FOI-R—3226-SE, Stockholm, FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut, 2011.
- Silfwerplatz, Claes, Chp T 00 – 02, försvvarshögskolan, Stockholm, Utformning av ett svenskt försvar mot fjärrstridsmedel av typen kryssningsrobotar och ballistiska robotar, hämtat från Anna Lindhbibliotekets hemsida, 2019-02-04, <http://fhs.diva-portal.org/smash/get/diva2:429334/FULLTEXT01.pdf>, självständigt arbete 2002.
- TNO, Missile Defence: An Overview, Haag, TNO defence, safety and security, 2012.
- Artman, Kristian & Westman, Anders, Lärobok i Militärteknik vol. 2 Sensortechnik, 1, Försvvarshögskolan, Stockholm, 2007.
- Denscombe, Martyn, Forskningshandbok: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna, 2. Uppl., Studentlitteratur, Lund, 2009.
- Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, 2. utg., Försvvarsmakten i samarbete med Autotech teknikinformation i Stockholm, Stockholm, 2008.
- Skolnik, Merril I. Introduction to radar systems, 3., [rev.] uppl., McGraw Holl, Boston, 2001.

- <sup>1</sup> Sankaran, Jaganath, The United States' European Phased Adaptive Approach Missile Defense System: Defending Against Iranian Missile Threats Without Diluting the Russian Deterrent. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2015. [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR957.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR957.html). ( Hämtat 2019-02-19), S. 12.
- <sup>2</sup> Dalberg, Eva, Goliath, Martin, Stenmark, Mårten, Några tekniska aspekter på ryska kärnvapen i Östersjöområdet, Rapport, FOI-R--3255--SE, Stockholm, FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut, 2011, s.9.
- <sup>3</sup> SVT, Ryssland drar sig ur INF-avtalet; SVT; 2019-02-02; (<https://www.svt.se/nyheter/snabbkollen/ryssland-drar-sig-ur-inf-avtalet>), (Hämtad 2019-02-09).
- <sup>4</sup> TNO, Missile Defence: An Overview, Haag, TNO defence, safety and security, 2012, s.20, 22, 36 – 40.
- <sup>5</sup> Ibid, s.20, 36, 37, 40 – 21.
- <sup>6</sup> Ibid, s.20 – 21.
- <sup>7</sup> Ibid, s.23.
- <sup>8</sup> Ibid, s. 20.
- <sup>9</sup> Göthe, Peter. Språkregel rörande anskaffningsprocessen för ett nytt medellångräckviddigt luftvärnssystem m.m.. Rapport för Arméchefen vilket är försvarsmakten talesperson. Stockholm: LEDS PLANEK, 2018-06-28.
- <sup>10</sup> Ibid.
- <sup>11</sup> Lennartsson, Anders, Lindvall, Fredrik, USA:S bidrag till Natos missilförsvar, En analys av the Phased Adapted Approach, Version 2, Användarrapport, FOI-R—3226-SE, Stockholm, FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut, 2011.
- <sup>12</sup> Silfwerplatz, Claes, Chp T 00 – 02, försvarshögskolan, Stockholm, Utformning av ett svenskt försvar mot fjärrstridsmedel av typen kryssningsrobotar och ballistiska robotar, hämtat från Anna Lindhbibliotekets hemsida, 2019-02-04, <http://fhs.diva-portal.org/smash/get/diva2:429334/FULLTEXT01.pdf>, självständigt arbete 2002.
- <sup>13</sup> Ekblad, Ulf, Mylén, Leif, System för upptäckt av ballistiska robotar, Rapport, FOA-R—95-00168-9.4, 3.3—SE, Stockholm, FOA, Försvaret Forskningsanstalt, 1995.
- <sup>14</sup> Dang-An, Nguyen, Byoung-ho, Cho, Chulhun, Seo, Jeongho Park, Dong-Hui, Lee, Analysis of the Optimal Frequency Band for a Ballistic Missile Defense Radar System, Journal of Electromagnetic Engineering and Science 2018;18(4):231-241. doi: <https://doi.org/10.26866/jees.2018.18.4.231>, (Hämtad 2019-02-21).
- <sup>15</sup> Bacchus, Carla, Barford, Ian, Bedford, David, Chung, Jack, Dailey, Paul, Hazle, Robert, Hill, Stanley, Mihocka, Mark, Digital Array Radar for Ballistic Missile Defense and Counter-Stealth Systems Analysis and Parameter Tradeoff Study, Rapport, Monterey California, Naval Postgraduate School, 2006. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a460500.pdf>, (hämtad 2019-02-2).
- <sup>16</sup> Försvarsmakten; Spaningsradar 90; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/spaningsradar-90/>), ( Hämtad 2019-02-10).
- <sup>17</sup> Försvarsmakten; Spaningsradar 91; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/spaningsradar-91/>), (Hämtad 2019-02-10).
- <sup>18</sup> Försvarsmakten; Underrättelseenhet 23; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/underrattelseenhet-23/>), (Hämtad 2019-02-10).
- <sup>19</sup> Google; Google maps; (<https://www.google.se/maps/@56.5624259,20.4790497,4.89z>), (Hämtad 2019-02-10).
- <sup>20</sup> Försvarets materielverk, FMV leder studie om nytt radarsystem, 2016-09-28, (<https://www.fmv.se/sv/Nyheter-och-press/Nyheter-fran-FMV/FMV-leder-studie-om-nytt-radarsystem/>), (Hämtad 2019-02-26)
- <sup>21</sup> Arméns utvecklingsplan 2016 – 2025, Rapport, Stockholm, Högkvarteret, 2016-02-29, s 38.
- <sup>22</sup> TNO, Missile Defence: An Overview, Haag, TNO defencen, safety and security, 2012, s.34.
- <sup>23</sup> Ibid, s.69.
- <sup>24</sup> Ibid, s.69.
- <sup>25</sup> Ibid, s.36.
- <sup>26</sup> Ibid, s.34.
- <sup>27</sup> Ibid, s.34.
- <sup>28</sup> Ibid, s.34 - 35.
- <sup>29</sup> Andersson, Kent, Bang, Martin, Marcus, Carina, Persson, Björn, Sturesson, Peter, Military utility: A proposed concept to support decision making, Technology in Society, nr. 43 (2015): 23-32, doi: [10.1016/j.techsoc.2015.07.001](https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.07.001), (hämtad 2019-02-10).
- <sup>30</sup> Ibid.
- <sup>31</sup> Ibid.
- <sup>32</sup> Ibid.

- <sup>33</sup> Ibid.
- <sup>34</sup> Ibid.
- <sup>35</sup> Ibid.
- <sup>36</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s. 46.
- <sup>37</sup> Ibid, s.47.
- <sup>38</sup> Skolnik, Merril I. Introduction to radar systems, s.30 – 31.
- <sup>39</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s. 49, 50.: Skolnik, Merril I. Introduction to radar systems, s.494 – 497.
- <sup>40</sup> Optisk k= 3.86 och geometrisk k=3.57
- <sup>41</sup> Skolnik, Merril I. Introduction to radar systems, s.494 – 497.
- <sup>42</sup> Denscombe, Martyn, *Forskningshandbok: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*, 2. Uppl., Studentlitteratur, Lund, 2009, s. 301 – 306.
- <sup>43</sup> Ibid s. 265 – 269.
- <sup>44</sup> Ibid s. 265 – 269.
- <sup>45</sup> Skolnik, Merril I. Introduction to radar systems.
- <sup>46</sup> TNO, *Missile Defence: An Overview*, s.34 - 35.
- <sup>47</sup> Gerlde, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s. 329.
- <sup>48</sup> Ibid, s.138.
- <sup>49</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s. 23, 140, 330.
- <sup>50</sup> Ibid, s.140 -141.
- <sup>51</sup> Ibid, s.141 – 143.
- <sup>52</sup> Ibid, s.153–154.
- <sup>53</sup> Ibid, s. 152.
- <sup>54</sup> Ibid, s.376 – 381.
- <sup>55</sup> Beskr STRILRANL 861, Försvarets Materielverk, M7773-463571, 2015, flik. 4, s.7 – 18.
- <sup>56</sup> *Handbok Markstrid- motståndaren*, Försvarmakten, Stockholm, 2016, s. 150 – 151.
- <sup>57</sup> Forss, Stefan, *The Russian operational tactical Iskander missile system*, National Defence University Department of Strategic and Defence Studies, vol. 4, no. 42, (2012), 1-24, ([http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84362/StratL4\\_42w.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84362/StratL4_42w.pdf?sequence=1&isAllowed=y)), (Hämtat 2019-03-06), s.9.
- <sup>58</sup> Dalberg, Eva, Goliath, Martin, Stenmark, Mårten, *Några tekniska aspekter på ryska kärnvapen i Östersjöområdet*, Rapport, FOI-R--3255--SE, Stockholm, FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut, 2011, s.14.
- <sup>59</sup> Ibid, s.9.
- <sup>60</sup> Google maps, Google, (<https://www.google.com/maps/@58.9419762,23.4614445,5.99z>), (Hämtad 2019-03-16).
- <sup>61</sup> Google maps, google,( <https://www.google.com/maps/@57.5090061,20.9427635,5.75z>), (Hämtad 2019-03-16).
- <sup>62</sup> TNO, *Missile Defence: An Overview*, s. 17.
- <sup>63</sup> Ibid, s.21.
- <sup>64</sup> Dalsjö, Robert, Berglund, Christofer, Jonsson, Michael, *Bursting the Bubble – Russian A2/AD in the Baltic Sea Region: Capabilities, Countermeasures, and Implications*, Rapport, FOI-R--4651—SE, Stockholm, FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut, 2019, s.37.
- <sup>65</sup> Forss, Stefan, *The Russian operational tactical Iskander missile system*, National Defence University Department of Strategic and Defence Studies, vol. 4, no. 42, (2012), 1-24, ([http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84362/StratL4\\_42w.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84362/StratL4_42w.pdf?sequence=1&isAllowed=y)), (Hämtat 2019-03-06),s. 11 – 13.
- <sup>66</sup> Dalberg, Eva, Goliath, Martin, Stenmark, Mårten, *Några tekniska aspekter på ryska kärnvapen i Östersjöområdet*, s.22.
- <sup>67</sup> Ibid, s.11 – 13.
- <sup>68</sup> *Iskarnder – Short-range ballistic missile*, Military today, (<http://www.military-today.com/missiles/iskander.htm>), (Hämtad 2019-03-25): *The Capabilities of Russia´s Iskander Ballistic Missile System; Can U.S. Air Defences Intercept Them?*, Military watch magazine, (<https://militarywatchmagazine.com/article/the-capabilities-of-russia-s-iskander-ballistic-missile-system-can-u-s-air-defences-intercept-them>), (Hämtad 2019-03-25).
- <sup>69</sup> Ibid, s.11 – 13.
- <sup>70</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s.285 – 288.
- <sup>71</sup> Forss, Stefan, *The Russian operational tactical Iskander missile system*, s. 11 – 13.
- <sup>72</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s.285 – 288.
- <sup>73</sup> Intervju informatör 1

- 
- <sup>74</sup> Beskr STRILRANL 861, Försvarets Materielverk, s.86 – 87.
- <sup>75</sup> Handbok armé – brigad, Försvarmakten, Stockholm, 2016, s.137.
- <sup>76</sup> Dalberg, Eva, Goliath, Martin, Stenmark, Mårten, Några tekniska aspekter på ryska kärnvapen i Östersjöområdet, s.9.
- <sup>77</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s. 49, 50.
- <sup>78</sup> Ekblad, Ulf, Mylén, Leif, System för upptäckt av ballistiska robotar, s. 63.
- <sup>79</sup> Intervju informatör 1
- <sup>80</sup> Dalsjö, Robert, Berglund, Christofer, Jonsson, Michael, Bursting the Bubble – Russian A2/AD in the Baltic Sea Region: Capabilities, Countermeasures, and Implications, s.37.
- <sup>81</sup> Artman, Kristian & Westman, Anders, *Lärobok i Militärteknik vol. 2 Sensorteknik*, 1, Försvarshögskolan, Stockholm, 2007, s. 43 – 44.
- <sup>82</sup> Moo, Peter W.; Difilippo, David J, Multifunction RF Systems for Naval Platforms, Sensors,
- <sup>83</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s 191.
- <sup>84</sup> Försvarmakten; Underrättelseenhet 23; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se);  
(<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/underrattelseenhet-23/>), (Hämtad 2019-02-10).
- <sup>85</sup> Google, google maps, (<https://www.google.com/maps/@55.6179171,17.3530024,5.9z>) , (Hämtat 2019-03-06)
- <sup>86</sup> Optisk k= 3.86 och geometrisk k=3.57
- <sup>87</sup> Forss, Stefan, The Russian operational tactical Iskander missile system, s. 11 – 13.
- <sup>88</sup> Skolnik, Merril I. Introduction to radar systems, s.2.
- <sup>89</sup> Bacchus, Carla, Barford, Ian, Bedford, David, Chung, Jack, Dailey, Paul, Hazle, Robert, Hill, Stanley, Mihocka, Mark, Digital Array Radar for Ballistic Missile Defense and Counter-Stealth Systems Analysis and Parameter Tradeoff Study.
- <sup>90</sup> Intervju med informatör 1
- <sup>91</sup> Skolnik, Merril I. Introduction to radar systems, s. 528 – 529.
- <sup>92</sup> TNO, Missile Defence: An Overview, s. 46.
- <sup>93</sup> Ibid, s.46.
- <sup>94</sup> Ibid, s.47.
- <sup>95</sup> IHS Jane’s land warfare platforms. Artillery & air defence., IHS Jane’s, IHS Global Limited, Coulsdon, Surrey, UK, 2013, s. 742 – 752.
- <sup>96</sup> Judson, Jen, Army to get THAAD and Patriot systems to communicate within two years, Defense news, 2018-03-19, (<https://www.defensenews.com/land/2018/03/19/army-to-tie-two-critical-air-and-missile-defense-systems-together-within-two-years/>), (Hämtat 2019-03-18).
- <sup>97</sup> TNO, Missile Defence: An Overview, s.34 - 35.
- <sup>98</sup> Ibid, , s. 47 – 48.
- <sup>99</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftvärnet: radar och radartaktik*, s.182.
- <sup>100</sup> Försvarmakten, Handbok luftvärnsradartropp 23: Handbok Lvrrt 23 2018, Försvarmakten, Stockholm, 2018, s.26.
- <sup>101</sup> Försvarmakten, Taktik för luftoperationer: reglemente, Försvarmakten, Stockholm, 2017, s.141.
- <sup>102</sup> Beskr STRILRANL 861, Försvarets Materielverk, s. 7 – 13.
- <sup>103</sup> Ibid, s.112.
- <sup>104</sup> Försvarmakten, Handbok armé – brigad, Försvarmakten, Stockholm, 2016, s.137: Försvarmakten, Taktik för luftoperationer: reglemente, Försvarmakten, Stockholm, 2017, s.10.
- <sup>105</sup> Försvarmakten, Taktik för luftoperationer: reglemente, s.128.
- <sup>106</sup> Underrättelseledare sensor radar, Försvarmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/underrattelseledare-sensor-radar/>), (Hämtat 2019-03-12): Marktekniker elektronik, Försvarmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/marktekniker-elektronik/>), (Hämtat 2019-03-12).
- <sup>107</sup> Luftvärnssoldat robot/radar, Försvarmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/luftvarnssoldat-robotradar/>), (Hämtat 2019-03-12).
- <sup>108</sup> Luftbevakningsoperatör officer, Försvarmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/luftbevakningsoperator-officer/>)(Hämtat 2019-03-12.)
- <sup>109</sup> Luftbevakningsoperatör specialistofficer, Försvarmakten,  
(<https://jobb.forsvarsmakten.se/sv/utbildning/befattningsguiden/luftbevakningsoperator-specialistofficer/>), (Hämtat 2019-03-12)

- 
- <sup>110</sup> STRIC – Hjärtat i luftstriden, Försvarsmakten, (<https://blogg.forsvarsmakten.se/flygvapenbloggen/2018/10/31/stric-hjartat-i-luftstriden/>), (Hämtad 2019-03-24).
- <sup>111</sup> Arbeta vid FMTIS, Försvarsmakten, (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/organisation/forsvarsmaktens-telekommunikations-och-informationssystemforband-fmtis/arbeta-vid-fmtis/>), (Hämtad 2019-03-23).
- <sup>112</sup> Försvarsmakten, Taktik för luftoperationer: reglemente, s.33.
- <sup>113</sup> Ibid, s.162.
- <sup>114</sup> Försvarsmakten, Handbok samband grunder, Försvarsmakten, Stockholm, 2016, s.13- 14.
- <sup>115</sup> Försvarsmakten, Handbok luftvärnsradartropp 23: Handbok Lvrvt 23 2018, Försvarsmakten, Stockholm, 2018, s.138.
- <sup>116</sup> Försvarsmakten, Handbok samband grunder, s.27.
- <sup>117</sup> Gerdle, Per, *Lärobok i telekrigföring för luftväret: radar och radartaktik*, s.299.
- <sup>118</sup> Ibid, s. 309.
- <sup>119</sup> Flygvapnets utvecklingsplan 2016 – 2025, Rapport, Stockholm, Högkvarteret, 2016-04-22, s. 36.
- <sup>120</sup> Arméns utvecklingsplan 2016 – 2025, Rapport, Stockholm, Högkvarteret, 2016-02-29, s. 37.
- <sup>121</sup> Intervju informatör 1.
- <sup>122</sup> Försvarsmakten, Taktik för luftoperationer: reglemente, s.46.
- <sup>123</sup> Ibid, s.166.
- <sup>124</sup> Försvarsmakten, Handbok armé – brigad, Försvarsmakten, Stockholm, 2016, s.137 – 138.
- <sup>125</sup> Försvarsmakten, Handbok armé – brigad, s. 137–138.
- <sup>126</sup> Ibid, s. 137–138.
- <sup>127</sup> Ibid, s. 137–138.
- <sup>128</sup> Försvarsmakten, Militärstrategisk doktrin: MSD 16, Försvarsmakten, Stockholm, 2016, (<http://www.forsvarsmakten.se/siteassets/4-om-myndigheten/dokumentfiler/doktriner/militarstrategisk-doktrin-2016-ny.pdf>), (Hämtad 2019-03-24), s.34.
- <sup>129</sup> Försvarsmakten, Handbok Markstrid – motståndaren, Försvarsmakten, Stockholm, 2016, s.34: Dalsjö, Robert, Berglund, Christofer, Jonsson, Michael, Bursting the Bubble – Russian A2/AD in the Baltic Sea Region: Capabilities, Countermeasures, and Implications, s.37.
- <sup>130</sup> Försvarsmakten, Handbok Markstrid – taktiska fältmässiga grunder, Försvarsmakten, Stockholm, 2016, s.94.
- <sup>131</sup> Försvarsmakten, Handbok Markstrid – bataljon, Försvarsmakten, Stockholm, 2016, s.163.
- <sup>132</sup> Försvarsmakten, Handbok luftvärnsradartropp 23, s.19.
- <sup>133</sup> Ibid, s.23.
- <sup>134</sup> Försvarsmakten, Taktik för luft operationer: reglemente, s.127.
- <sup>135</sup> Ibid, s.17.
- <sup>136</sup> Försvarsmakten, Handbok armé – brigad, s.137–138.
- <sup>137</sup> Försvarsmakten, Reglemente Armé Taktik: R AR Taktik 2013, Utg. 2013, ändr 1, Försvarsmakten, Stockholm, 2017, s.120.
- <sup>138</sup> Försvarsmakten, Handbok armé – brigad, s.137.
- <sup>139</sup> Ibid, s.120.
- <sup>140</sup> Försvarsmakten, Taktik för luft operationer: reglemente, s.86 – 87.
- <sup>141</sup> Försvarsmakten; Underrättelseenhet 23; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/underrattelseenhet-23/>), (Hämtad 2019-02-10).
- <sup>142</sup> Försvarsmakten; Spaningsradar 90; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/spaningsradar-90/>), (Hämtad 2019-02-10).
- <sup>143</sup> Försvarsmakten; Spaningsradar 91; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/spaningsradar-91/>), (Hämtad 2019-02-10).
- <sup>144</sup> Försvarsmakten; Underrättelseenhet 23; [www.Forsvarsmakten.se](http://www.Forsvarsmakten.se); (<https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/ovrig-materiel-sensorer/underrattelseenhet-23/>), (Hämtad 2019-02-10).
- <sup>145</sup> Försvarsmakten, Handbok logistik vid insats 2016: H Log ins, Försvarsmakten, Stockholm, 2016, s.67–68.
- <sup>146</sup> Försvarets materielverk, FMV leder studie om nytt radarsystem, 2016-09-28, (<https://www.fmv.se/sv/Nyheter-och-press/Nyheter-fran-FMV/FMV-leder-studie-om-nytt-radarsystem/>), (Hämtad 2019-02-26).
- <sup>147</sup> Beskr STRILRANL 861, Försvarets Materielverk, s.7 – 18.
- <sup>148</sup> Intervju informatör 1.
- <sup>149</sup> Konceptuell systemmodell, Ne, (<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/uhdtv/konceptuell-systemmodell>), (Hämtad 2019-03-25).

<sup>150</sup> Denscombe, Martyn, Forskningshandbok: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna, s.417.

<sup>151</sup> Denscombe, Martyn, Forskningshandbok: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna, s.411, 416 – 418.

<sup>152</sup> Försvarsmakten, Militärstrategisk doktrin: MSD 16, s.34.