

FÖRSVARSHÖGSKOLAN



Självständigt arbete

Författare Major Lars Göran Rutgerzon	Förband A 9	Kurs HSU 09 – 10 T
FHS Handledare Docent Åke Sivertun och överstelöjtnant Per Eliasson		
Uppdragsgivare FHS MVI/MTA	Kontaktman FHS MVI/MTA	
Titel Den militära nyttan med ett digitalt eldledningsstödssystem vid precisionsbekämpning		
Sammandrag <p>Då dagens konflikter ofta utspelar sig mitt ibland civilbefolkningen och där aktörerna kan utgöras av allt från miliser till kriminella gäng ställs det nya krav på de militära förmågorna för att kunna agera i dessa komplexa miljöer. En generell trend för dagens artilleriförband är att de används till att verka mot mindre målgrupper utgörandes av två till fyra personer. Erfarenheter från konflikter i likhet med de i Irak och Afghanistan har visat på vikten av tillgång till precisionsbekämpning med indirekt eld för att undvika förluster bland de civila. En förutsättning för att kunna genomföra precisionbekämpning är att målets position kan lägesbestämmas med en mycket hög noggrannhet.</p> <p>Med hjälp av ett digitalt eldledningsstödssystem innehållandes en tredimensionell digital karta kopplat till EOI:et kan positionsfel i måluttaget i en urban miljö reduceras till under metern.</p> <p><i>Nyckelord:</i> Taktisk kartering, Eldlednings- och observationsinstrument, EOI, Precisionsbekämpning, Target Location Error, TLE, Eldledningsstödssystem</p>		

Abstract

Today's conflicts often take place among the civilian population. Combatant can range from militias to criminal gangs. These conditions put new demand on the military capabilities to operate in these complex environments. A general trend of today's artillery units is that they must be able to act against smaller targets represented of groups of two - four persons. Experience from conflicts like those in Iraq and Afghanistan have demonstrated the need for the ability of precision fire in order to avoid casualties among the civilians and to reduce the risk of collateral damage. A prerequisite for the implementation of precision fire are that the target position can be determined with a very high accuracy.

With help of a digital fire management support systems containing a three-dimensional digital map linked to the FOI the target location error for the target in an urban environment can be reduced completely.

Keyword: Rapid mapping, Forward observation instrument, FOI, precision fire, Target Location Error, TLE, Fire management support.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-162010-12-17

Förord

Denna uppsats är en fortsättning och fördjupning av min tidigare uppsatsen *Den militära nyttan med geografiska informationssystem kopplat till eldlednings- och observationsinstrumentet vid precisionsbekämpning*. För att få en mer heltäckande bild över den potential som GIS och taktisk kartering har och hur dessa teknikområden kopplade till ett EOI kan bidra till den militära nyttan skall dessa två uppsatser ses som en helhet.

Jag vill här passa på att framföra mitt varma tack till alla som har hjälpt till med kunskaper och underlag till arbetet samt till dem som har gjort den tråkiga men också viktiga korrekturläsningen av arbetet.

Jag vill rikta ett speciellt tack till handledarna Åke Sivertun Docent i Ledningsvetenskap på Försvarshögskolan och överstelöjtnant Per Eliasson lärare på Försvarshögskolan för stödet och hjälpen under arbetet. Jag vill även tacka SAAB Bofors Dynamics AB och då speciellt Per-Olof Persson, Rolf Michel och Franz Hofmann för deras engagemang som gjort studiebesök och fältförsök möjliga, vilka har legat till grund för min kunskapsinhämtning. Ett särskilt tack riktas till Artilleriets stridsskola och kaptenen Per-Erik Forsberg för att han har ställt upp med sin kunskap och materiel vid genomförandet av fältförsöket. Tekniska Verken i Linköping AB med Bo Jonsson tackas för att de upplät vattentornet för genomförandet av fältförsöket. Utan tillgång till en sådan förnämlig observationsplats hade det varit svårt att genomföra fältförsöket. Jag vill också tacka Anna Lindh biblioteket för dess fina service och hjälp med att få fram material till uppsatsen.

Innehållsförteckning

Förord.....	i
Innehållsförteckning	ii
1. Inledning	1
1.1. Problemformulering	2
1.1.1. Frågeställning:.....	3
1.2. Teori	3
1.3. Metod och material.....	4
1.4. Källgranskning	5
1.5. Avgränsningar	6
1.6. Centrala begrepp	6
1.6.1. Taktisk kartering	6
1.6.2. Circulare Error Probability (CEP).....	7
1.6.3. Target Location Error (TLE).....	7
1.6.4. Precisionsbekämpning:.....	7
1.6.5. Önskad sidoverkan	8
1.7. Förkortningar.....	8
2. Dagens konflikter	9
2.1. Regerings syn på Försvarsmakten ett användbart, tillgängligt och flexibelt försvar.	10
2.2. Försvarsmaktens inriktning av förmågan precisionsbekämpning	11
2.2.1. Särskilda krav gällande förmågan att kunna verka globalt	13
2.2.2. Den folkrättsliga dimensionen	13
3. Vad kännetecknar målet?.....	14
3.1. Målens gemensamma nämnare	14
3.2. Ett tänkbart scenario.....	15
3.2.1. Beskrivning av scenariot	15
4. Framtagande av underlag till eldledningsstödssystem	17
4.1. Att Använda ett befintligt kartunderlag	17
4.2. Taktisk kartering för framtagande av underlag till eldledningsstödssystem	18
4.3. Nyttjat kartunderlag vid genomfört fältförsök	18
4.3.1. Metoden bärvågsmätning med egen basstation.....	20
4.3.2. Metoden PPP	20
4.3.3. Metoden markbundet referensnätverk.....	21
5. GPS mätmetod och beräkningsteknik.....	23
5.1. Allmänt om GPS	23
5.2. Beräkningsteknik bärvågsmätning	24
5.3. Relativ mätning	25
5.3.1. RTK.....	25
5.4. Internationella stödssystem.....	26
5.5. Faktor som påverkar noggrannheten i mätresultaten	26

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-162010-12-17

5.6.	Störning av GPS	28
5.6.1.	Reducera effekten av störning	29
6.	EOI:et och dess kapacitet	30
6.1.	EOI:ts kapacitet	31
7.	Genomfört fältförsök med digitalt kartunderlag och EOI.....	33
7.1.	Beskrivning av fältförsöket	33
7.2.	Kontroll av riktigheten i SBD:s underlag.....	34
7.3.	Resultat från fältförsöket	35
7.4.	Tolkning av resultat från genomfört fältförsök	38
7.4.1.	Mål 1 och 6.....	39
8.	Slutsatser	40
8.1.	Slutsatser Dagens konflikter.....	40
8.2.	Slutsatser Vad kännetecknar målet?.....	40
8.3.	Slutsatser Framtagande av underlag för eldledningsstödssystem	41
8.4.	Slutsatser GPS mätmetoder och beräkningsteknik.....	42
8.5.	Slutsatser EOI:ets kapacitet.....	43
8.6.	Slutsatser Genomfört fältförsök	43
9.	Den militära nyttan med ett eldledningsstödssystem.....	44
9.1.	Analys och resultat - Hur kan ett eldledningsstödssystem stödja EOI:et vid måluttag i urban miljö?	44
10.	Diskussion	47
10.1.	En kritisk granskning som ger frågor att beakta	48
11.	Rekommendationer	50
12.	Sammanfattning	52
13.	Referenser	55
13.1.	Litteraturlista	55
13.2.	Från internet	56
13.3.	Intervjuer	56
Bilaga 1	Resultat från fältförsöket.....	1

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

1. Inledning

Tidpunkten är hösten 2014 och arméns samtliga insatsförband har sedan 2013-01-01 intaget den nya insatsorganisationen vilken i vardagligt tal går under benämningen IO 14.¹ Inom artilleriet har sedan lång tid bedrivits ett mycket målmedvetet arbete med att öka förmågan till att kunna genomföra precisionsbekämpning. Tillgång till denna förmåga har varit en mycket tydligt uttalad viljeinriktning från den svenska regeringen och Försvarmakten sedan en tid tillbaka.² Tydliga steg för att skapa den förmåga har gjorts genom anskaffning av det långräckviddiga pjässystemet Archer och precisionsgranaten Excalibur.³ När det gäller förmågan att kunna ta ut mål så har man sedan länge haft tillgång till Eldlednings och observationsinstrumentet (EOI). EOI:et har dock av många ansetts som kanske den svagaste länken i funktionskedjan indirekt eld för kunna genomföra precisionsbekämpning. Detta främst för att EOI:et togs fram och anskaffades till Försvarmakten under den perioden då behovet av att kunna lägesbestämma mål med en mycket hög noggrannhet inte var särskilt stort eftersom man i huvudsak ägnade sig åt att skjuta på ytmål. Därav gjordes vid framtagningen olika avvägningar som skulle komma att påverka EOI:ets förmåga till att kunna lägesbestämma mål med en hög noggrannhet. En sådan avvägning var valet av en ögonsäker laser som avståndsmätare. För att kunna öka precisionen vad avser lägesbestämning av mål, har Försvarmakten sedan från och med starten av 2014 undersökt möjligheten att anskaffa ett digitalt eldledningsstödssystem för att kunna bekämpa tidskritiska mål i en urban miljö, det vill säga genomföra precisionsbekämpning.⁴

¹ *Arméns utvecklingsplan AUP 2011:*

(HKV beteckning 2010-10-19, 01 600:63220, bilaga 1) s. 59

² Regeringens proposition 2008/09:140: *Ett användbart försvar* s. 53,61,62

³ *Arméns utvecklingsplan AUP 2011:*

(HKV beteckning 2010-10-19, 01 600:63220, bilaga 1) s. 84

⁴ Ibid. s. 142

samt *Försvarmaktens utvecklingsplan FMUP 2011-2020:*

(HKV beteckning 2010-02-05, 23 320:51391, bilaga 1) s. 44

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Allt detta är känt för chefen på Artilleriets stridsskola (ArtSS), när han nu sitter på sitt tjänsterum och läser ordern om att ett Archerkompani tillsammans med eldledningsresurser ska delta i en insats i ett internationellt uppdrag. Archerkompaniets deltagande ska säkerställa förmågan till att kunna genomföra precisionsbekämpning samt understöd till manöverbataljonen dygnets alla timmar och veckans alla dagar. Frågan som chefen ArtSS har fått att utreda från Högkvarteret inför den förestående insatsen är tydlig. *I vilken grad ökar noggrannheten i ett måluttag i urban miljö då EOI:et stöds av ett digitalt eldledningsstödssystem innehållandes en tredimensionell digital karta?*

1.1. Problemformulering

Med inledningen som utgångspunkt kommer uppsatsen att beröra ämnena taktisk kartering och digitalt eldledningsstödssystem innehållande geografiska informationssystem (GIS) i form av tredimensionell digital karta och hur dessa kan bidra till att öka förmågan att kunna verka med artilleriförband vid en internationell insats i en urban miljö. Det vill säga vad är (om den finns) den militära nyttan med att koppla ihop EOI:et och ett eldledningsstödssystem.⁵

Den urbana miljön ställer höga krav på precision vid bestämning av målets läge. Detta för att kunna nedkämpa målet och enbart målet i det första eldöppnandet och därigenom minska den oönskade sidoverkan. I den urbana miljön är avstånden mellan olika byggnader ofta korta varvid en dålig noggrannhet i ett måluttag kan medföra att fel byggnad träffas. Ett sådant måluttag kan få allvarliga konsekvenser om det medför att ett sjukhus eller annan samhällsviktig byggnad träffas vid genomförandet av insatsen. Den politiska förlusten i ett sådant läge blir svår, men ännu svårare blir det mänskliga lidandet som orsakas. Med tillgång till ett eldledningsstödssystem som är uppdaterat och som innehåller korrekt information till-

⁵ ”Digitalt eldledningsstödssystem innehållande geografiska informationssystem (GIS) i form av tredimensionell digital karta” benämns härnäst enbart med samlingsnamnet ”eldledningsstödssystem” i uppsatsen

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

sammans med EOI:et kan kanske en sådan händelse undvikas. En förutsättning för ett korrekt innehåll i GIS är att tillgång till aktuell data finns. Denna information kan erhållas genom taktisk kartering i egen regi eller genom informationsutbyte mellan koalitionsparter eller att redan befintligt kartunderlag används. Med hjälp av ett eldledningsstödssystem kan kanske precisionen vid måluttag ökas och därmed risken för oönskad sidoverkan minimeras.

Syftet med uppsatsen är att undersöka hur precisionen vid måluttag förändras om EOI:et kompletteras med ett eldledningsstödssystem som försörjs med data genom Rapid 3D Mapping.

1.1.1. Frågeställning:

I vilken grad förändras noggrannheten i koordinaterna vid ett måluttag i urban miljö då eldlednings och observationsinstrumentet stöds av ett eldledningsstödssystem?

1.2. Teori

Den teoretiska ramen för uppsatsen är att studera ämnet utifrån Regeringens proposition samt Försvarmaktens doktriner, utvecklingsplaner och studier, gällande förmågan att kunna genomföra precisionsbekämpning med artilleri genom att ett eldledningsstödssystem nyttjas vid mållägesbestämningen. Det ökade internationella engagemanget inom Försvarmakten kan leda till att svenska artilleriförband inom en inte alltför avlägsen framtid kommer att delta i internationella insatser. Detta antagande byggs på Regeringens proposition 2008/09:140 *Ett användbart försvar*, Försvarmaktens doktriner och utvecklingsplaner, vilka alla pekar på ett ökat internationellt engagemang för samtliga insatsförband. Antagandet bygger också på den uppbyggnad av förmågan till precisionsbekämpning som pågår inom Försvarmakten och artilleriförbanden i synnerhet.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

1.3. Metod och material

För att skapa en bild över hur dagens konflikter ser ut, vilka ligger till grund för de nya krav som ställs på de militära förmågorna, har följande litteratur studerats; *Security Studies*⁶ och *The Utility of Force*.⁷ Vidare har som underlag för uppsatsen studerats Regeringens proposition 2008/09:140 *Ett användbart försvar* och Försvarsmaktens dokument i form av doktriner och utvecklingsplaner, varifrån den teoretiska ramen för uppsatsen tar sin utgångspunkt, - nämligen att alla insatsförband och därmed inbegripet även artilleriförband, ska kunna verka i en internationell insats i en urban miljö. Detta medför att behovet på hög noggrannhet vid måluttag ökar för att minimera risken för oönskad sidoverkan.

Till empirin hämtas från studien *Framtida markmålsbekämpning*⁸ ett scenario som har ett internationellt perspektiv och bedöms som en trolig händelse. Målens gemensamma nämnare klarläggs här och svårigheterna med att nyttja ett redan befintligt kartunderlag över insatsområdet belyses. Scenariot har valts för att beskriva en möjlig insatsmiljö som målet kan uppträda i och där ett eldledningsstödsystem skulle kunna bidra till att stödja EOI:et. Det är således miljön i scenariot som är intressant och inte själva målet i sig.

Teknikområdena Global Positioning System (GPS) och mätmetoder samt beräkningstekniker har studerats, för att belysa hur underlaget till ett eldledningsstödsystem produceras samt vilken förväntad koordinatnoggrannhet ett sådant kartunderlag kan ha. Underlag för denna studie har varit läroboken *Navigation 3 Navigering med teletekniska hjälpmedel* samt olika relevanta artiklar och studier från To-

⁶ Thomas G. Weiss m.fl.: *Security Studies*, Edited by Paul D. Williams, Reprinted 2008, 2009, Kapitel *The United Nations*

⁷ Rubert smith: *The Utility of Force, The Art of War in the Modern World* (New York Knopf 2007)

⁸ Studierapport *Framtida markmålsbekämpning*, (ATK00148S) bilaga 1 (HKV beteckning 2006-11-01, 21 120:70458)

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

talförsvarets forskningsinstitut (FOI), Lantmäteriet och Krisberedskapsmyndigheten.

Även EOI:et och dess kapacitet har studerats som ett led i empirin och underlag till den studien har hämtats från en publikation från Försvarets materielverk (FMV) samt ett examensarbete utfört på Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) med FMV som uppdragsgivare.

Studiebesök har genomförts hos SAAB Bofors Dynamics (SBD) för att inhämta kunskap gällande deras system för att genomföra taktisk kartering. Inom ramen för uppsatsen och dess empiri har ett fältförsök genomförts den 19/10 2010. Försöket genomfördes i Linköping från en observationsplats (Opl) belägen högst uppe på det nya vattentornet. Försöket genomfördes tillsammans med Artilleriregementet (A 9) och SBD, vid försöket användes SBD:s system för geografisk informationshantering och taktisk kartering samt ett EOI från A 9.

Dragna slutsatser från den genomförda empirin har sedan legat till grund för den analys som har gjorts och vilken har lett fram till svaret på frågeställningen. Därefter har en kortare diskussion samt ett kritiskt resonemang kring svaret på frågeställningen förts vilket slutligen har lett fram till rekommendationer till Forsvarsmakten.

1.4. Källgranskning

De studerade källorna har genomgått en källkritisk granskning och bedöms vara relevanta för denna uppsats. För att godkännas som källor avseende Forsvarsmaktsdokument har kravet varit att dokumenten är fastställda och giltiga. Vid användande av FOI rapporter och underlag från Lantmäteriet har kravet varit att dessa ska vara aktuella d v s inte äldre än sex år, med tanke på hur snabb teknikutvecklingen är. Vidare har kravet också varit att rapporterna ska vara publicerade.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

De källor som använts från Internet bedöms vara trovärdiga då de i huvudsak utgörs av aktörer eller tidskrifter inom dessa teknikområden.

1.5. Avgränsningar

Uppsatsen kommer inte att avhandla:

- de ekonomiska aspekterna - det vill säga kostnader för utveckling, anskaffning och vidmakthållande för dessa system.
- hur underlaget från den taktiska karteringen eller hur den geografiska informationen distribueras och hanteras i Försvarmaktens förekommande ledningssystem.
- algoritmer för och behandling av den datafångst som systemen genererar.
- flera olika på marknaden befintliga system för taktisk kartering, utan enbart hantera SBD:s system som ett referenssystem, för att belysa vilken/vilka eventuella prestandahöjningar ett sådant system skulle kunna ge, vid lägesbestämning av mål vid precisionsbekämpning i en urban miljö.
- andra positionsbestämningssystem än GPS eftersom det är det enda satellitpositioneringssystem idag som är fullt operativt.⁹

1.6. Centrala begrepp

1.6.1. Taktisk kartering

Med begreppet taktisk kartering avses ”Teknik och verksamhet för

i) datafångst – insamling av lägesbestämda data över platser och områden i den naturliga omgivningen – och ii) databehandling – bearbetning av insamlade geografiska data samt produktion av geografisk information – under begränsade tidsförlopp och begränsade områden med syfte att komplettera och förtäta existerande data, förbättra kvalitén och noggrannheten, och/eller skaffa fram nya och aktuella

⁹ Patrik Nilsson: *Studie av beroendet i samhället av satellitnavigeringssystem*, (Krisberedskapsmyndigheten 2006-09-15 0173/2005) s. 5

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

data.”¹⁰ Taktisk kartering i denna bemärkelse bedrivs således inom ramen för lösandet av den pågående insatsen.

1.6.2. *Circulare Error Probability (CEP)*

Med begreppet Circulare Error Probability (CEP) menas sannolikhetsvärdet där 50 % av stridsdelarna träffar. Spridningen anges som radien i en cirkel där stridsdelarna träffar. Exempelvis CEP₅₀=10 innebär att 50 % av alla stridsdelar träffar inom en radie av tio meter från själva målets mitt. Vilket också innebär att 43 % av stridsdelarna landar inom tio till tjugo meter och de övriga 6 % landar inom 20 till 30 meter från målets mitt.¹¹

1.6.3. *Target Location Error (TLE)*

Med begreppet Target Location Error (TLE) avses här skillnaden mellan målets rätta koordinater och det av EOI uppmätta målläget. TLE uttrycks som ett radiellt fel i horisontalplanet.¹²

1.6.4. *Precisionsbekämpning:*

Med begreppet precisionsbekämpning avses förmågan att träffa och slå ut ett på förhand utvalt specifikt mål. Dessa punktmål kan vara rörliga och eller fasta och består främst av fientliga fordon, byggnader och soldater.¹³ Precisionsbekämpning ställer således ett krav på att Target Location Error (TLE) är mindre än tio meter.

¹⁰ Söderman Ulf m.fl.: *Taktisk Kartering – en kort förstudie*, (FOI, 2005, Memo 1202) s. 8

¹¹ Studierapport *Framtida markmålsbekämpning*, (ATK00148S) bilaga 1 (HKV beteckning 2006-11-01, 21 120:70458) s. 1

¹² <http://www.definitions.net/definition>

¹³ Segerman, M: *Precisionsbekämpning av taktiska markmål, en framtida förmåga?*, C Uppsats, Försvarshögskolan, 2004, 19:100:2076

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

1.6.5. Önskad sidoverkan

Med begreppet önskad sidoverkan avses de negativa sidoeffekter som kan uppstå och påverka civila känsliga objekt, egen trupp och civila i samband med nyttjande av verkanssystem.¹⁴

1.7. Förkortningar

ArtSS	Artilleriets stridskola
AUP	Arménsutvecklingsplan
CEP	Circular Error Probability
DGPS	Differentiell Global Positioning System
DOP	Dilution Of Precision
E-grupp	Eldledningsgrupp
EOI	Eldlednings och observationsinstrument
FMUP	Försvarmaktens utvecklingsplan
FMV	Försvarets materielverk
FOI	Totalförsvarets forskningsinstitut
GIS	Geografiskt informationssystem
GPS	Global Positioning System
IGS	International GNSS Service
IO 14	Insatsorganisationen 14
KTH	Kungliga Tekniska Högskolan
LIDAR	Light Detection And Ranging
LOD	levels of detail
Opl	observationsplats
PPP	Precise Point Positioning
PPS-tjänst	Precise Positioning Service
ROE	Rules of Engagement
RT90	Rikets koordinatsystem 1990
RTK	Real Time Kinematic positioning
SAR	Syntetisk Apertur Radar
SBD	SAAB Bofors Dynamics
SPS-tjänst	Standard Positioning Service
TLE	Target Location Error

¹⁴ Delrapport två för studien: *Verkan från luften*, (LUFT 070803S), bilaga 1 (HKV 05100:60928) s. 51

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

2. Dagens konflikter

Det har skett en förändring avseende hur konflikter ser ut idag till skillnad mot hur de såg ut i början av 1900 talet. Bland annat kännetecknas dagens oroshärdar av att en mängd olika aktörer deltar i kriget, allt från kriminella gäng till olika miliser. Detta är en skillnad mot tidigare konflikter, där aktörerna vanligtvis utgjordes av organiserade arméer. En annan skillnad är att stridigheterna ofta utspelar sig mitt bland civilbefolkningen. De civila har därmed ofrivilligt blivit en bricka i aktörernas spel för att uppnå deras syften och faktum är att cirka 90 % av offren idag utgörs av civila. Detta är en markant omsvängning mot hur det såg ut i början av 1900-talet när förhållandet mellan militära och civila dödsfall låg på 9:1 och hur det såg ut under andra världskriget, då förhållandet mellan militära och civila offer var i stort sett jämbördiga.¹⁵

En trend som också är tydlig i dagens konflikter är förekomsten av etniska rensningar, tvångsförflyttningar, massvåldtäkter och målmedvetna attacker mot biståndsarbetare. Denna taktik är på intet sätt ny men har däremot blivit mera vanlig och synligare än tidigare. Den medföljande humanitära nödsituation som uppstår i samband med dessa stridigheter påverkar indirekt och direkt säkerheten i de omkringliggande länderna på ett negativt sätt. Massiva flyktingströmmar till de närliggande grannländerna vid konfliktzonen vilka drabbas av en allt ökande ekonomisk börda, vilket i sin tur kan komma att ligga till grund för gränsöverskridande attacker från grannländerna till konfliktzonen.¹⁶

Dagens konflikter finansieras och utkämpas på ett helt annat sätt än de flesta tidigare mellanstatliga krigen gjorde. Många inbördeskrig och oroshärdar hålls igång och finansieras genom plundring, smuggling, narkotikahandel eller försäljning av andra olagliga varor. Vanligt förekommande är att aktörerna i en pågående kon-

¹⁵ Thomas G. Weiss m.fl.: *Security Studies*, Edited by Paul D. Williams, Reprinted 2008, 2009, Kapitel *The United Nations* s. 338 - 339

¹⁶ Ibid. s. 338 - 339

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

flikt gynnas av att den kan hållas igång eftersom de kan tjäna pengar på den kriminella handeln som kan bedrivas i skydd av den pågående konflikten. Dessutom kan andra intressen finnas för att underblåsa och hålla igång en konflikt. Ett sådant intresse kan vara att skapa en sönderfallande stat eftersom den kan utgöra en fristad för terrorister varifrån de kan operera relativt ostört.¹⁷

Att det har skett ett paradigmskifte avseende hur konflikter ser ut idag och hur det såg ut tidigare understryks också av Rupert Smith. Han hävdar att de traditionella industriella mellanstatliga krigen mellan arméer inte längre existerar. I de krigen hade storlek och tillgång på förband samt vapentechnologi en direkt betydelse för hur utgången av konflikten skulle bli. Han hävdar att vi idag gått över till en trend där konflikter, enligt honom, kännetecknas av ”*war amongst the people*”. Det som istället blivit avgörande för konfliktens utgång idag är istället förmågan hos den militära styrkan att kunna agera i dessa komplexa miljöer mot icke statliga aktörer samt inom de givna politiska ramarna och under en global opinions kritiska granskning.¹⁸

2.1. Regerings syn på Försvarmakten ett användbart, tillgängligt och flexibelt försvar.

I de fredsfrämjande insatserna som Sverige deltar i eller förväntas delta i, finns det några gemensamma trender. Några tydliga sådana trender är brist på respekt för upprätthållande av folkrättsliga principer, mänskliga rättigheter och internationell humanitär rätt. Andra trender är att det väpnade motståndet som Sverige möter i de olika konfliktområdena har blivit allt mer kvalificerat vad det gäller uppträdande och tillgång till vapensystem. Vidare kännetecknas dagens stridigheter av mycket snabba förlopp som därmed ger upphov till att militärförmågor snabbt måste kunna finnas gripbara. Ett snabbt agerande i form av en markering eller en insats med

¹⁷ Thomas G. Weiss m.fl.: *Security Studies*, Edited by Paul D. Williams, Reprinted 2008, 2009, Kapitel *The United Nations* s. 338 - 339

¹⁸ Rupert Smith: *The Utility of Force, The Art of War in the Modern World* (New York Knopf 2007) s. 3 - 28 och 269 - 335

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

militära maktmedel, kan vara direkt avgörande för huruvida säkerhet och stabilitet ska kunna uppnås eller bibehållas. I den moderna insatsmiljön kan det vara svårt att skilja på kombattanter och civila, speciellt om insatsen sker i ett bebyggt område. Vilket i sin tur ställer särskilda krav på förmågan att kunna genomföra precisionsbekämpning och tillgång till graderad verkan. För att snabbt och på plats kunna möta de kriser och konflikter som uppstår ska Försvarsmaktens operativa tillgänglighet och flexibilitet ökas. Genom att skapa en Försvarsmakt vars förband är tillgängliga och användbara här och nu, kommer det svenska försvaret att bidra till att öka Sveriges säkerhet och stabiliteten i omvärlden. Därför ska bataljonsstridsgrupperna, vilka utgör kärnan hos arméstridskrafterna, vara lättroliga och flexibla för att snabbt kunna sättas in vid kriser eller oroshärdar i Sverige, i närområdet eller utanför närområdet. Bataljonsstridsgrupperna i insatsförsvaret är uppbyggda kring de manöverbataljoner som finns i insatsorganisationen tillsammans med tillförda förstärkningsenheter från olika funktionsförbanden som exempelvis artilleriförband. Samtliga förband ingående i insatsorganisationen vilken bör vara upprättad 2014 ska vara rätt utrustade och utbildade. Förmågan till precisionsbekämpning med långräckviddigt artilleri är av vital betydelse för arméstridskrafternas sammantagna förmåga, vad det gäller att kunna lösa uppgifter i den moderna insatsmiljön.¹⁹

2.2. Försvarsmaktens inriktning av förmågan precisionsbekämpning

Försvarsmakten kommer under perioden 2011-2013 bedriva ett målmedvetet arbete med att införa IO 14. Syftet med införandet av IO 14 är att fortsätta utveckla arméns krigsförband för att kunna bli mer tillgängliga, flexibla och därmed också uppnå en ökad användbarhet både nationellt och internationellt i enlighet med regeringens proposition. Inom markstridskonceptet kommer därför fokus på utvecklingen att ligga på förmågorna lednings-, underrättelse-, informations-, och be-

¹⁹ Regeringens proposition 2008/09:140: *Ett användbart försvar* s. 8-31, 55,63

Major Lars Göran RutgerSSon

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

kämpningssystem. Dessa ska i samverkan tillsammans kunna uppnå de efterfrågade förmågorna. Strävan kommer att vara att samtliga ingående markstridsförband i och med transformationen till IO 14 ska inneha förmågan att kunna verka vid konflikter i urban miljö. Vidare kommer arméstridskrafterna under perioden 2014-2020 fortsatt att sträva efter att kunna verka med system av system och förbättra förmågan till att kunna påverka mål i urban miljö. Denna förmåga ska uppnås genom en fortsatt utveckling av underrättelse- och verkansförmågor. Vad beträffar verkansförmågan kommer den att fortsätta utvecklas till att kunna fastställa målets läge med en hög precision för tidskritiska mål i en urban miljö. Som ett led i att uppnå den efterfrågade förmågan att kunna precisionsbekämpa tidskritiska mål i urban miljö kommer artilleriets bataljoner ingående i IO 14 att anskaffa det nya pjässystemet Archer samt precisionsgranaten Excalibur med början från 2012 och genomfört till 2014. För att öka precisionen vad avser mållägesbestämning kommer det under tidsperioden att anskaffas ett digitalt eldledningsstöd med början från 2014.²⁰

Artilleriunderstöd med korta reaktionstider och en förmåga att kunna verka i alla väder och siktförhållanden kommer även i framtiden att krävas inom det taktiska djupet på 100 kilometer för att kunna understödja manöverförbanden. En generell trend för dagens artilleriförband är att de verkar mot mindre målgrupper, utgörandes av två till fyra personer, än tidigare då man verkade mot ytmål. Erfarenheter från oroshärdar i likhet med Irak och Afghanistan har visat på vikten av tillgång till precisionsbekämpning med indirekt eld inte minst vid en låg konfliktnivå för att undvika förluster bland de civila och de egna förbanden. Detta innebär att artillerienheter idag måste kunna verka mot såväl ytmål som att genomföra precisionsbekämpning mot punktmål.²¹

²⁰ *Försvarsmaktens utvecklingsplan FMUP 2011-2020:*
(HKV beteckning 2010-02-05, 23 320:51391, bilaga 1) s. 41 - 46

²¹ *Arméns utvecklingsplan AUP 2011:*
(HKV beteckning 2010-10-19, 01 600:63220, bilaga 1) s. 44,88

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

2.2.1. Särskilda krav gällande förmågan att kunna verka globalt

Förmågan att verka globalt med Försvarsmaktens armétridskrafter ställer andra krav än tidigare, - speciellt i urban miljö. Där det ställs krav på tillgång till korrekt geografisk information, för att med bekämpningsförmågan kunna verka i realtid och med en hög precision. Försvarsmakten kan i och med den expeditionära förmågan och det ökade internationella engagemanget hamna i lägen där vi är först i ett nytt operationsområde och att tillgången till sådan geografisk information är obefintlig eller mycket begränsad. Därav bör området geografisk informationsstöd prioriteras.²²

2.2.2. Den folkrättsliga dimensionen

Försvarsmakten är i första hand till för att föra väpnad strid och detta oavsett om syftet är att skydda Sverige mot ett väpnat angrepp eller att delta i en internationell insats. Målet är således att Försvarsmakten flexibelt ska kunna utnyttja alla sina resurser för att kunna uppnå önskad effekt vid en insats oavsett var i världen insatsen sker. Vid en internationell insats finns insatsregler i form av Rules of Engagement (ROE) som styr förbandets uppträdande och reglerar vilken typ av våld eller tvång som får användas vid lösandet av uppgiften. Vid utformandet av ROE beaktas särskilt folkrättsreglerna.

Några av de viktiga folkrättsliga principerna utgörs av:

- *Distinktionsprincipen* vilken innebär att åtskillnad mellan civila, civil egendom, kombattanter och militära objekt skall göras.
- *Proportionalitetsprincipen* vilken innebär att det finns en skyldighet att undvika oproportionerliga förluster i civila och civil egendom.
- *Försiktighetsprincipen* vars innebörd är att vi är skyldiga att vidta försiktighetsåtgärder för att minimera förluster i civila och civil egendom.²³

²² *Arméns utvecklingsplan AUP 2011:*

(HKV beteckning 2010-10-19, 01 600:63220, bilaga 1) s. 27, 112

²³ *Doktrin för markoperationer:* (HKV beteckning 2005 03 10 09 833: 64797) M7740-774004 (Försvarsmakten 2005, Stockholm) s. 7 - 13

3. Vad kännetecknar målet?

Med föregående kapitel som grund kan vi utgå från att händelsen i inledningskapitlet är en framtida trolig utveckling. Tanken med detta kapitel är att studera målet och dess kontext, mot vilken verkan ska sättas in. Målets uppträdande och miljöskiftar givetvis mellan olika insatser, men vissa gemensamma nämnare kommer dock att finnas. För denna uppsats har ett scenario från studien *Framtida markmålsbekämpning* valts. Detta scenario ger en känsla för hur den sociala miljön runt målet kan se ut.

3.1. Målets gemensamma nämnare

Studien *Framtida markmålsbekämpning* visar på att ett måls normala exponeringstid d v s den tid som målet är tillgängligt och bekämpningsbart, ligger inom 15 minuter. Det optimala är dock att verkan mot målet kan sättas in innan motståndaren själv har hunnit verka med sina system. För att kunna agera på ett sådant sätt så medför det att tiden för att hinna genomföra insats blir avsevärt mindre än exponeringstiden på 15 minuter. Andra genomförda studier, bl a i Storbritannien, visar på att exponeringstiden kan vara ännu kortare och ligger då runt tio minuter, medan erfarenheter från irakkriget säger att man enbart har sex till åtta minuter på sig från målupptäckt till att verkan i målet skall uppnås. Detta ställer krav på att beslut om en insats kan fattas så fort som målet har upptäckts av exempelvis en Eldledningsgrupp (E-grupp).²⁴

Vad avser målets närmiljö och möjligheten till att genomföra bekämpning och val av verkansform bedöms fyra olika områden spela in:

- *Väder och ljusförhållande* vilket spelar in på sensorns möjlighet att upptäcka målet.

²⁴ Studierapport *Framtida markmålsbekämpning*, (ATK00148S) bilaga 1 (HKV beteckning 2006-11-01, 21 120:70458) s. 35 - 36

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

- *Skyddande läge* d v s finns det hinder i målets miljö som medför att stridsdelen måste närma sig målet i en viss attityd för att nå fram eller finns det något som kan skymma sikten för verkansdelens sensorer eller förmågan att kunna lägesbestämma målets exakta position?
- *Den sociala miljön* d v s hur ser det ut med civilbefolkningen runt målet d v s den kontext som målet agerar i. Finns det miljöfarliga anläggningar i närheten vilka kan riskeras att komma till skada. Var finns den egna truppen i förhållande till målet? Hur exakt kan målets läge bestämmas?
- *Syftet med bekämpningen* nedkämpa, hindra, störa eller varna motståndare.²⁵

3.2. Ett tänkbart scenario

Följande scenario är tänkt att visa på hur en typsituation skulle kunna se ut vid en internationell insats. Typsituation utgör en ram för att påvisa i vilken kontext ett mål kan uppträda i och där behovet av hög noggrannhet vid mållägesbestämning uppstår. Det är således inte själva måltypen i sig som är det intressanta, utan det intressanta är den miljö som målet d v s aktören uppträder i.

3.2.1. Beskrivning av scenariot

Uppgiften är att neutralisera stridsvagnskompaniet som står uppställt på byns idrottsplan intill skolan efter att nyligen ha genomfört en attack mot grannbyn. Personalen på stridsvagnarna håller som bäst på att klargöra vagnarna och sig själva för att kunna påbörja nästa attack. Bedömningen är att stridsvagnsförbandet är marschklart inom 15 minuter. Det svenska förbandet har sensorer i området vilka har kapacitet att kunna ange mål ner till enskilda stridsvagnar och med en lägesbestämningsnoggrannhet på 10m. Uppgiften till det svenska förbandet är att få motståndaren att ge upp innan han har hunnit lämna byn. Gällande ROE ger vid handen att dödligt våld får användas mot dem som beskjuter eller hotar den interna-

²⁵ Studierapport *Framtida markmålsbekämpning*, (ATK00148S) bilaga 1 (HKV beteckning 2006-11-01, 21 120:70458) s. 35 - 36

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

tionella styrkan medan de civila inte får utsättas för våld från insatsstyrkan. Vad det gäller målets närmiljö så är byn belägen på landsbygden. Bebyggelsen består av enplanshus eller tvåvåningshus och i ytterkanterna av byn finns ett antal bondgårdar. Det finns en genomgående väg i byn där skolan samt idrottsplatsen är centralt belägna. Den sociala miljön vid målet är att civila personer finns inom 30 meter från stridsvagnarna och civila byggnader finns belägna inom 20 meter från huvudsamlingen av stridsvagnarna. I byn råder för tillfället normala civila rörelser och runt skolan finns ett antal barn, även de i rörelse, se bild 1.²⁶

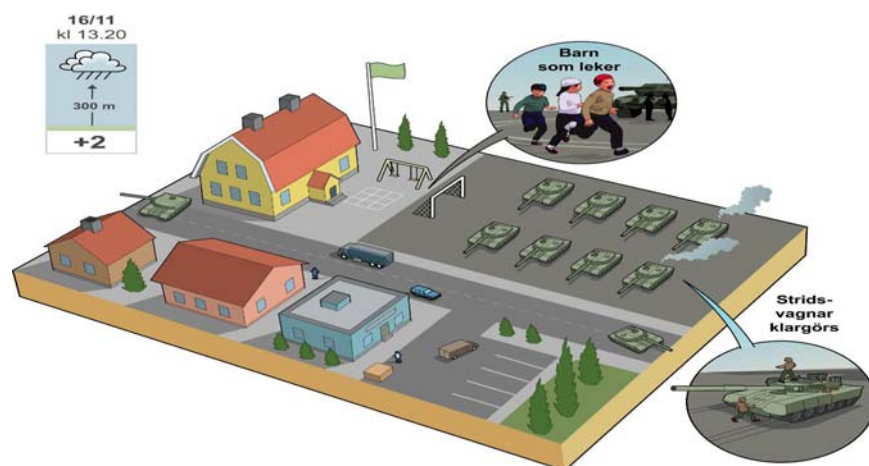


Bild 1. Stridsvagnskompani grupperat i en by.²⁷

²⁶ Studierapport *Framtida markmålsbekämpning*, (ATK00148S) bilaga 1 (HKV beteckning 2006-11-01, 21 120:70458) s. 12 - 14

²⁷ Ibid. s. 14

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

4. Framtagande av underlag till eldledningsstödssystem

Försörjningen av geografisk information till Försvarsmakten och ett eldledningsstödssystem kan ske på ett antal olika sätt. Troligen kommer man att behöva nyttja en rad olika arbetssätt och lösningar för att kunna erhålla den geografiska information som behövs för att kunna genomföra exempelvis precisionsbekämpning.

4.1. Att Använda ett befintligt kartunderlag

Metoder att producera underlag till eldledningsstödsystemet kan vara att använda redan befintliga kartor från civila och militära myndigheter, kommersiella system eller att man byter till sig information från koalitionspartner. Väljer man någon av de ovanstående metoderna så uppstår genast ett antal frågor vilka måste kunna besvaras innan insats. Exempel på sådana frågor kan vara: Hur aktuellt är det befintliga kartunderlaget? Vilken noggrannhet har kartunderlaget? Vilket kartdatum nyttjas och är projektionen vinkelriktig eller areariktig? Hur förhåller det sig med undanhållna hus d v s hur rättvisande är kartans geometri, hur stämmer inbördes avstånd mellan olika objekt och finns alla objekt avbildade på kartan? Vad var syftet med kartan då den togs fram över området d v s vad visar den och vad visar den inte (generalisering)? Viss erfarenhet krävs för att kunna läsa en annan nations kartor och det tema som avbildas. Det krävs också en förståelse för de symboler som används. Olika länder har olika sätt att beskriva objekt i kartan. Språket, symbolerna och färgerna i kartan är ofta kulturbetingat.²⁸

Det innebär att det kan vara problematiskt att nyttja befintliga kartor som stöd för måluttag vid en insats med artilleri i en urban miljö eftersom kartunderlaget kan vara bristfälligt eller svårtolkat för användaren. Genom att ha tillgång till egenproducerade kartor kan risken för felaktiga måluttag minskas och eventuella missförstånd avseende kartans innehåll minskas.

²⁸ Eklundh Lars (red): *Geografisk informationsbehandling metoder och tillämpningar* (Tredje reviderade upplagan 2003, ISBN 91-540-5904-6) s. 291

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

4.2. Taktisk kartering för framtagande av underlag till eldledningsstödssystem

Tillgång till förmågan taktisk kartering kan vara ett sätt att producera egna kartor. Då kan insamling av data ske direkt i fält när behovet uppstår. Det finns en rad olika metoder och tillvägagångssätt för att generera en tredimensionell karta men de vanligaste metoderna är; kartering genom Syntetisk Apertur Radar (SAR), Light Detection And Ranging (LIDAR) och fotogrammetri. Val av metod och tillvägagångssätt är en fråga om vilken noggrannhet som krävs i underlaget.²⁹

Gemensamt för alla dessa metoder är att den egna plattformens position måste kunna lägesbestämmas med en hög noggrannhet. Denna lägesbestämning görs i huvudsak med hjälp av GPS teknik. De olika karteringsmetoderna har olika för- och nackdelar och metoderna kan även kombineras om man så önskar. Exempelvis kan metoderna LIDAR och fotogrammetri nyttjas tillsammans för att uppnå synergieffekter.³⁰

4.3. Nyttjat kartunderlag vid genomfört fältförsök

Kartunderlaget som har nyttjats vid försöket för denna uppsats bygger på den teknik som SBD använder sig av och som heter Rapid 3D Mapping. Rapid 3D Mapping kan sägas bygga på metoden fotogrammetri eftersom bildalstrande sensorer i form av fem digitalkameror utnyttjas. Kamerautrustningen kan installeras på vanliga flygplan, helikoptrar eller UAV:er (hädanefter är samlingsnamnet på dessa Rover) av exempelvis typen Skeldar, se bild 2. Systemet kan täcka ett 100 kvadratkilometer stort område på en timme och ett färdigt digitalt kartunderlag finns framtaget efter fem timmar. Hanteringen är helt automatiserad och noggrannheten i underlaget förväntas vara runt 0,3 meter vid en flyghöjd på 500 meter vid karteringen. En förutsättning för att uppnå denna noggrannhet är att kamerornas exakta

²⁹ Ulf Söderman m.fl.: *Taktisk Kartering – en kort förstudie*:(FOI, 2005, Memo 1202) s. 12

³⁰ Lars Göran Rutgersson FHS: *Den militära nyttan med geografiska informationssystem kopplat till eldlednings- och observationsinstrumentet vid precisionsbekämpning*. s. 31 - 38

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

position och utblicksvinklar är kända vid själva fotoögonblicket. Det producerade kartunderlaget medger att siktfältsanalyser kan göras men också att områden kan zoomas in och att avstånd såväl i horisontellt led som i vertikalt led kan mätas direkt i kartunderlaget. Kartunderlaget medger också att exakta koordinater kan hämtas upp direkt ur kartan.³¹ Beroende på vilken zoomnivå man har i kartan då koordinaterna tas ut kan noggrannheten för dessa variera. Att säkerställa att noggrannheten är den rätta vid uttagandet av koordinaterna i kartunderlaget görs genom att nyttja den zoomnivå som har den högsta levels of detail (LOD) graden. Vid den högsta LOD graden, är noggrannheten i kartunderlaget avseende koordinaterna enligt ovan angivna karterings exempel d v s 0,3 meter.



Bild 2 UAV:en Skeldar³²

För kartering kan SBD använda sig av tre olika metoder med olika för- och nackdelar. Dessa är; bärvågsmätning med egen basstation, Precise Point Positioning (PPP) eller markbundet referensnätverk. För alla tre metoderna gäller att positioneringen av Rovern inte sker i realtid samt för att erhålla den höga noggrannheten i underlaget så sker positioneringen med hjälp av GPS och mätmetoden relativ mätning och beräkningstekniken bärvågsmätning.³³

³¹ SAAB Bofors Dynamics AB *Product sheet – Rapid 3D Mapping – eng –v. 1 mar 09*

³² http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/flygplan/article45621.ece (Datum 090810)

³³ Franz Hofmann: Senior specialist Integrated Navigation Systems, Saab Bofors Dynamics AB, Linköping, (franz.hofman@.saabgroup.com) 2010-10-19

Major Lars Göran RutgerSSon

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

4.3.1. *Metoden bärvågsmätning med egen basstation*

Genom att använda sig av en egen basstation och låta Rovern agera inom en radie av 30 till 40 kilometer från basstationen så kan en noggrannhet på centimeternivå uppnås i kartunderlaget. Principen är att både Roverns och basstationens bärvågs-mätningar registreras och att de båda observerar samma GPS-konstellation, där GPS-tiden blir den gemensamma nämnaren, för att sedan kunna efterbehandla den registrerade datan. Placerar man basstationen i en öppen miljö där flervågsutbredningen kan förväntas vara låg och symmetrisk, kan basstationens egen position lägesbestämmas med centimeternoggrannhet efter 12 till 24 timmar genom medelvärdesbildning av sin GPS-position. Detta innebär att ingen egen inmätning av basstationen kommer att krävas. Det som sedan sker i efterbearbetning (eller i realtid för Real Time Kinematic positioning RTK) är att det relativa avståndet mellan Rovern och basstation räknas ut i tre dimensioner. Basstationens koordinater är kända geografiskt och genom att addera baslinjen mellan Rovern och basstationen så vet man även Roverns position geografiskt.³⁴

Fördelar: Metoden är relativt enkel, resurssnål, ingen kommunikation sker mellan Rovern och basstationen och metoden ger snabbt ett digitalt kartunderlag.

Nackdelar: Endast ett område med en radie av 30 till 40 kilometer från basstationen täcks, personal måste sätta upp basstationen/stationerna och bevaka den/dessa under tiden som karteringen genomförs.

4.3.2. *Metoden PPP*

Principen för PPP är att man bildar ett GPS-nätverk liknande ett markbundet nätverk. Skillnaden är dock att det är GPS-konstellationen i sig som utgör nätverket, vilket innebär att ”basstationerna” dvs satelliterna rör sig. För att få en noggrannhet i likhet med den första metoden (se kap 4.3.1) så måste dessa rörliga basstationers positioner bestämmas med en motsvarande noggrannhet som för den fasta

³⁴ Franz Hofmann: Senior specialist Integrated Navigation Systems, Saab Bofors Dynamics AB, Linköping, (franz.hofman@.saabgroup.com) 2010-10-19

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

basstationen. Detta innebär att GPS-satelliternas banposition måste bestämmas med en högre noggrannhet än vad satelliten själv uppger i sitt navigeringsmeddelande. Navigeringsmeddelandet innehåller banparametrar som sänds i realtid till GPS-mottagaren för att kunna beräkna positionen. Tillgång till mer exakta banparametrar fås genom att observera GPS-satelliterna under en lång period från ett nätverk av kontrollstationer på jorden för att sedan i efterhand kunna bestämma GPS-satellitens banparametrar. Dessa exakta banparametrar finns tillgängliga på International GNSS Service (IGS) efter tre till nio timmar med en orbitalnoggrannhet³⁵ om tre centimeter och efter 17 till 21 timmar med en orbitalnoggrannhet om 2,5 centimeter. Det finns också en snabbvariant på 15 minuter vilket ger en orbitalnoggrannhet om fem centimeter.³⁶

Fördelar: Med denna metod slipper man använda sig av en basstation och är därmed inte begränsad till avstånden 30 till 40 kilometer. Med en avancerad signalbehandling kan decimeternoggrannhet uppnås i kartunderlaget

Nackdelar: För att efterbearbetning ska kunna fungera så måste Rovern stå stilla en timme innan och efter genomförandet av karteringen för att spela in fasmätinformationen från GPS-mottagaren. Det tillkommer också en väntetid på 17 till 21 timmar för att få tillgång till de exakta banparametrarna som krävs för efterbehandlingen.

4.3.3. Metoden markbundet referensnätverk

Metoden innebär att Roverns GPS-mottagare registrerar fasmätinformation samt att fasmätinformation hämtas från nätverkskorrigeringar från nätverkets dataserver för den aktuella mätperioden (det markbundna referensnätverket kan liknas med det i Sverige uppbyggda RTK-nätverket). Genom efterbearbetning och avancerad

³⁵ Det vill säga positioneringsnoggrannheten för satelliten

³⁶ Franz Hofmann: Senior specialist Integrated Navigation Systems, Saab Bofors Dynamics AB, Linköping, (franz.hofman@.saabgroup.com) 2010-10-19

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

signalbehandling räknas sedan Roverns position ut med en noggrannhet i bästa fall på centimeternivå men oftast med en noggrannhet på decimeternivå.³⁷

Fördelar: Ett markfast nätverk ger stora operationsområden och man behöver inte fundera på egna basstationer,

Nackdelar: Markbundna nätverk kan man inte enbart förlita sig på som enda lösningen då dessa inte alltid uppbyggda och tillgängliga i insatsområdena.

³⁷ Franz Hofmann: Senior specialist Integrated Navigation Systems, Saab Bofors Dynamics AB, Linköping, (franz.hofman@.saabgroup.com) 2010-10-19

5. GPS mätmetod och beräkningsteknik

En avgörande faktor för hur noggrant kartunderlaget kan bli är förmågan att kunna lägesbestämma plattformens position vid genomförandet av karteringen. För detta ändamål använder man sig av GPS-teknik. Detta kapitel syftar till att klarlägga relativ mätning samt beräkningstekniken bärvågsmätning och dessutom vilka former av störningar en GPS-mottagare kan bli utsatt för och hur dessa kan reduceras.

5.1. Allmänt om GPS

GPS utgörs av 24 satelliter som är placerade i fyra olika fasta banor runt jorden. Uppbyggnaden av satellitbanorna tillsammans med omloppstiden medför att det alltid kommer att finnas minst fyra satelliter över horisonten samtidigt, oberoende av var på jorden man befinner sig. Detta gör det möjligt att nyttja systemet för att genomföra positionsbestämningar på jorden. Noggrannheten och kravet avseende att kunna hålla en exakt tid är en central GPS-funktion för att kunna genomföra noggranna positioneringar.³⁸

Två olika frekvenser vilka benämns L1 respektive L2 sänds ut från satelliterna. L1 sänds på 1575,42 MHz vilket ger en våglängd på 19 centimeter och L2 sänds på 1227,60 MHz vilket ger en våglängd på 24 centimeter. Satelliterna sänder även ut ett navigeringsmeddelande med information som behövs för att kunna beräkna deras positioner och korrektionen på satellitklockan.³⁹

För att bestämma GPS-mottagarens position krävs att man har kontakt med minst fyra satelliter samtidigt. För att få ett riktigt bra mätresultat krävs det i praktiken tillgång till sex satelliter. Det finns två olika beräkningstekniker för att bestämma

³⁸ Försvarsmakten, Marincentrum, Läroboken i Navigation del 3: *Navigering med teletekniska hjälpmedel* (Beteckning 1999-08-16 09 832:60805 M7744-318031) s. 82

³⁹ Andreas Engfeldt m.fl.: *Så fungerar GNSS* (Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem) Gävle 2003 s. 5 - 7

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

positionen för en punkt med hjälp av GPS och dessa beräkningstekniker är Kodmätning respektive Bärstågsmätning.⁴⁰

Eftersom det framtagna kartunderlaget bygger på beräkningstekniken bärstågsmätning så kommer endast den att beskrivas här i uppsatsen.

5.2. Beräkningsteknik bärstågsmätning

Principen för bärstågsmätning bygger på att man i GPS-mottagaren skapar en signal som har samma frekvens som GPS bärstågorna L1 och L2. Avståndet bestäms sedan genom att jämföra fasskillnaden mellan GPS-mottagarens signal och GPS-signalernas bärståg. Eftersom bärstågorna inte innehåller någon tidsmärkning så kan inte signalens gångtid mätas upp direkt, däremot kan den mottagna signalens fas bestämmas mycket noggrant. Avståndet till satelliten kan uttryckas i antal hela perioder och del av period av bärstågen. Förändringen av antalet hela perioder räknas från den tidpunkt då GPS-mottagaren först låste på satellitsignalen. För att kunna beräkna avståndet mellan GPS-mottagaren och satelliten så måste man vid tidpunkten då mätningen påbörjades bestämma antalet hela perioder, den så kallade periodobekanten. Vid mätningar i realtid kallas denna process för initialisering. När GPS-mottagaren har fixerat antalet hela perioder och därmed löst periodobekanten kan den även bestämma del av perioden. Vid avbrott i låsningen av signalen mellan GPS-mottagaren och satelliten så kommer man att drabbas av periodbortfall d v s ett antal okända perioder kommer att förloras. Detta kan dock korrigeras automatiskt i GPS-mottagaren eller manuellt i ett beräkningsprogram. Upplösning vid bärstågsmätning kan uppskattas till några millimeter.⁴¹

⁴⁰ Andreas Engfeldt m.fl.: *Så fungerar GNSS* (Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem) Gävle 2003 s. 13 – 15, 25

⁴¹ Försvarmakten, Marincentrum, Läroboken i Navigation del 3: *Navigering med teletekniska hjälpmedel* (Beteckning 1999-08-16 09 832:60805 M7744-318031) s. 91 – 92 samt Andreas Engfeldt m.fl.: *Så fungerar GNSS* (Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem) Gävle 2003 s. 14 - 15

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

5.3. Relativ mätning

Då behovet på hög noggrannhet är stort nyttjas relativ mätning. Principen för relativ mätning är att GPS-mottagarens position bestäms relativt en känd punkt. För att kunna mäta relativt så krävs det minst två stycken oberoende GPS-mottagare som mäter mot samma fyra satelliter samtidigt. Mätnoggrannheten förbättras vid relativ mätning eftersom de flesta vanligen förekommande felkällorna kan reduceras eller elimineras då differensen mellan de båda GPS-mottagarnas mätningar kan beräknas. Relativ mätning kan göras på olika sätt där de tre vanligaste är Differentiell Global Positioning System (DGPS), Real Time Kinematic (RTK) eller Statisk mätning.⁴²

Statisk mätning kommer dock inte att beröras här i uppsatsen eftersom det bygger på att mätningarna genomförs stillastående under en längre period vilket inte är aktuellt i samband med taktisk kartering. DGPS avhandlas inte heller då detta bygger på kodmätning (en annan form av beräkningsteknik än bärvågsmätning) vilket inte används vid taktisk kartering då precisionen blir för låg.

5.3.1. RTK

Vid RTK genomförs bärvågsmätningar i realtid (Nästan samma princip som SBD använder dock gör SBD inte detta i realtid utan tar fram positionen för Rover genom efterbearbetning). Här krävs det en lokal basstation vars läge är noggrant inmätt och med möjlighet att via datalänk kunna överföra korrektionerna till den rörliga GPS-mottagaren. Vid RTK blir avståndet mellan basstationen och den rörliga GPS-mottagaren (den så kallade baslinjen vilken är en tredimensionell vektor mellan två punkter) av stor vikt. Detta på grund av att de algoritmer som RTK nyttjar är anpassade för ett avstånd upp till tio kilometer från basstationen. Tio kilometer används eftersom jonosfärsrefraktionen ökar desto längre bort den rörliga GPS-mottagaren är från basstationen och därmed försämras också noggrannheten. Att ta

⁴² Andreas Engfeldt m.fl.: *Så fungerar GNSS* (Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem) Gävle 2003 s. 19 – 20, 40

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

hänsyn till vid RTK är utplaceringen av basstationen eftersom beräkningsalgoritmerna får betydelse för hur långt ifrån basstationen mätningar kan göras. Noggrannhet vid kinematisk mätning (vilket innebär att GPS-mottagaren rör sig under mätningen) ligger runt tio till trettio millimeter i horisontal-led på ett avstånd upp till tio till femton kilometer från basstationen. (Felet antas sedan öka med cirka en till två millimeter per kilometer).⁴³

5.4. Internationella stödsystem

För att kunna genomföra positionering enligt exempelvis PPP kan banparametrar med mera hämtas från följande stödsystem International GNSS Service (IGS) och permanenta EUROpean Reference Frame (EUREF). Tjänsterna kan nyttjas kostnadsfritt och noggrannheten i informationen för banparametrarna ökar med tiden.⁴⁴

5.5. Faktor som påverkar noggrannheten i mätresultaten

Enbart val av mätmetod och hur avancerad utrustning man använder kan göra att noggrannheten i mätresultaten kan variera från millimetrar upp till tjugo meter. Andra parametrar som också påverkar noggrannheten i positionsbestämningen är tillgången till satelliter, satellitgeometrin, mättiden och sikthinder mellan GPS-mottagaren och satelliterna. Tillgången till satelliter kan beräknas med hjälp av satellitprognoser. Viktigt att ha i beaktande vid framtagande av dessa prognoser är att man använder en aktuell GPS-almanacka. GPS-almanackan har en hållbarhetstid på runt två veckor. Vidare är det viktigt att satellitgeometrin är så optimal som möjligt vid genomförande av positionsbestämningen. Med bra satellitgeometri avses att en så stor del som möjligt av himlen bör vara täckt av satelliter, dock bör man undvika att utnyttja satelliter som ligger på en lägre höjd än tio grader över horisonten. Ett mått på satellitgeometrin är Dilution Of Precision (DOP), där ett lägre värde innebär en bättre satellitgeometri.

⁴³ Andreas Engfeldt m.fl.: *Så fungerar GNSS* (Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem) Gävle 2003 s. 19 – 20, 40

⁴⁴ Ibid. s. 29 – 33.

Major Lars Göran RutgerSSon

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

De vanligaste felkällorna för GPS är:

- *Fel i satelliternas banbestämningar* d v s satellitens position stämmer inte överens med den bana som har predikterats. Avvikelserna från bana är ofta små, runt fem till tio meter men ger ändå en felaktig position vid beräkning hos GPS-mottagaren.
- *Fel i tidsbestämningen mellan satellit och mottagare* d v s klockorna i satelliterna är inte helt synkroniserade med varandra utan det finns en viss tidsskillnad. Denna tidsskillnad ger upphov till ett positionsfel eftersom avståndsberäkningen mellan GPS-mottagare och satellit blir fel.
- *Störningar från jonosfären och troposfären* d v s radiovågorna bryts och tar därmed en annan väg till GPS-mottagaren än den närmaste vägen. Detta medför att avståndsberäkningen till satelliten blir felaktig vilket i sin tur medför att positionsbestämningen blir felaktig.

Dessa tre olika felkällor elimineras i stort sett då man nyttjar sig av relativ mätning och det kvarvarande felet ligger någonstans runt en till tio ppm d v s millimeter per kilometer av avståndet på baslinjen.

- *Flervägsfel*, d v s GPS-mottagaren tar emot signaler från satelliterna som har reflekterats mot exempelvis en vattenyta. Detta kan medföra att GPS-mottagaren tar emot signaler som är fasförskjutna och som interfererar med den rätta signalen. Flervägsfelet blir ofta det dominerande felet vid positionsbestämningar där behovet på noggrannhet är högt. För att reducera detta fel krävs en bra placering och utformning av GPS-mottagarens antenn samt en bra signalbehandling.⁴⁵

⁴⁵ Försvarsmakten, Marincentrum, Läroboken i Navigation del 3: *Navigering med teletekniska hjälpmedel* (Beteckning 1999-08-16 09 832:60805 M7744-318031) s. 93 – 95 samt Andreas Engfeldt m.fl.: *Så fungerar GNSS* (Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem) Gävle 2003 s. 23 - 28

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

5.6. Störning av GPS

Att få tag på störsändare för militära ändamål och att störa GPS-mottagare är förhållandevis enkelt idag. Det är även relativt enkelt att bygga egna störsändare då instruktioner för att bygga sådana kan hämtas från Internet och komponenter är dessutom billiga. Med hänsyn till detta finns inga begränsningar för mindre nogräknade organisationer eller aktörer med onda avsikter att kunna störa GPS-mottagare. I en urban miljö är det svårt att pejla in en störsändare och därmed lokalisera den. Om man dessutom blandar flera fasta störsändare med flera mobila störsändare inom ett och samma område, uppnår man att pejling och lokalisering av störsändarna försvåras markant. För att påverka en GPS-mottagare finns det i huvudsak tre olika störningsmetoder vilka är; störning, vilseledning och repeteringsstörsändning.

Metoden störning innebär att GPS-signalen från satelliten dränks i en signal från störsändaren som är mycket starkare. Detta gör att GPS-mottagaren inte längre kan ta emot den korrekta signalen. Denna teknik är relativt enkel och information finns att hämta på Internet om hur dessa sändare ska konstrueras och placeras ut för att ge maximerad effekt.

Metoden vilseledning innebär att GPS-mottagaren luras att ta emot en falsk GPS-signal i syfte att beräkna en felaktig position eller tid. Denna metod är svårare att genomföra än ren störning.

Metoden repeteringsstörsändning innebär att sändaren sänder ut en fördröjd kopia av GPS-signalen vilken tas emot av GPS-mottagaren. Om signalen accepteras av GPS-mottagaren så kommer GPS-mottagaren att beräkna en position som är felaktig.⁴⁶

⁴⁶ Patrik Nilsson: *Studie av beroendet i samhället av satellitnavigeringssystem*, (Krisberedskapsmyndigheten 2006-09-15 0173/2005) s. 5 - 22

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

5.6.1. Reducera effekten av störning

Utvecklingen av störskyddssystem är mycket omfattande idag. Grunden för dessa system är att använda olika egenskaper hos GPS-signalen för att kunna urskilja denna från den utsända störsignalen. När det gäller vilseledning finns för den militära tillämpningen tillgång till de krypterade koderna vilket utgör ett skydd så länge krypteringen fungerar. När GPS-mottagaren börjar lämna information som inte verkar vara korrekt så står man inför ett problem. Är det utrustningen som är defekt eller är man utsatt för en störning? Kan det konstateras att man är utsatt för en störning så måste man ha förmåga att kunna ta sig igenom följande tre steg.

1) Detektera störningen 2) Lokalisera störningen 3) Eliminera störningen.

Försvarsmakten har idag bra kunskaper och materiel inom dessa områden för att kunna lokalisera och bekämpa störsändare. Däremot ska inte problemet att bekämpa en störsändare underskattas då en sådan kan vara placerad på en mobil enhet, exempelvis i en ballong.⁴⁷

⁴⁷ Patrik Nilsson: *Studie av beroendet i samhället av satellitnavigeringssystem*, (Krisberedskapsmyndigheten 2006-09-15 0173/2005) s. 16 - 26

6. EOI:et och dess kapacitet

EOI:et är i dag en vanligt förekommande sensor för E-grupperna och finns sedan en tid fördelat inom insatsorganisationen. Syftet med det här kapitlet är ge att en kort och enkel beskrivning över ett EOI samt att beskriva var ett eldledningsstöds-system skulle kunna kopplas ihop med ett EOI. Med EOI:et kan mål på upp till sju kilometers håll lokaliseras och mätas in. Via fältterminalen och en radio kan sedan målets koordinater sändas över till de skjutande enheterna. EOI-systemet består i huvudsak av fem olika delar vilka är mållokalisator, infraröd kamera (IR), goniometer, gyro och en fältterminal. EOI-systemet är uppbyggt i moduler vilket gör att de olika delarna kan separeras och användas var för sig. Nedan följer en kort beskrivning av mållokalisatorn och fältterminalen.

Mållokalisator

Mållokalisatorn är EOI-systemets hjärna och utgörs av en laseravståndsmätare med en kikare vilken används för att lokalisera och observera mål, eldledning och avståndsmätning samt för kommunikation med externa enheter. De olika funktionerna som finns i mållokalisatorn styrs genom en inbyggd dator vilken möjliggör att bäring och avstånd samt sid- och höjdvinklar och målets koordinater kan räknas ut. En förutsättning för att erhålla en noggrann bestämning av målets läge är att systemet har tillgång till en noggrann referensbäring och en hög noggrannhet i den egna positioneringen. En noggrann bäring kan exempelvis uppnås genom att göra en bäringsbestämning mot en himlakropp vilket EOI-systemet har inbyggt stöd för. Den egna positioneringen av systemet kan göras genom en GPS-mottagare.⁴⁸ Laseravståndsmätaren på EOI:et är en ögonsäker laser med en upplösning på +/- fem meter. Att lasern är ögonsäker innebär att loben på laserstrålen blir större än om man hade nyttjat en icke ögonsäker laser. Detta medför att laserlobens diameter blir cirka en och en halv meter på ett avstånd av en kilometer. Vilket leder till

⁴⁸ PROTEC: *Teknik för Sveriges säkerhet* Nr 3 2005 (FMV, ISSN 1653-2643) s. 12

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

att EOI:et kan presentera olika resultat för ett och samma mål vid ett mät tillfälle. d v s man får ett resultat för varje mottaget lasereko.⁴⁹

Fältterminal

Till EOI:et finns en bärbar dator (fältterminal) som betecknas DM7. Med hänsyn till att EOI:et har några år på nacken och att datorutveckling går fort så säljs DM7:an inte längre utan har ersatts av en nyare dator som betecknas DM8. För ett eldledningsstödssystem skulle förmodligen DM7 fungera men DM8 är att föredra då den har ett bättre grafikkort och en högre CPU-kraft än föregångaren. Datorn är byggd för att kunna fungera utomhus i temperaturer ner till minus 20 grader kallt och upp till 50 grader varmt. Skärmen är konstruerad för att kunna hantera svåra ljusförhållanden utomhus och lämpar sig väl för att jobba med kartapplikationer, se bild 3.



Bild 3. DM8⁵⁰

6.1. EOI:ts kapacitet

Nyligen genomförda försök med EOI-systemet visar att systemet har en förmåga att kunna mäta in mål tillräckligt noga för precisionsbekämpning med exempelvis Excalibur. Vid tydliga mål i dagsljus så har systemet en TLE som är mindre än fem meter på ett mätavstånd upp till två kilometer. Vid tydliga mål i mörker erhölls en TLE på under åtta meter vid ett mätavstånd upp till en och en halv kilometer (att avståndet blir kortare vid mörker har att göra med IR-kamerans kapacitet).

⁴⁹ Anders Ingelshed: *Noggrannhet vid målinmätning, analys av ett eldledningsinstrument med förbättringsförslag* (Examensarbete MMK 2009:03 MCE 181, KTH Industriell teknik och management, Maskinkonstruktion, SE-100 44 Stockholm, Sverige 2009) s. 7

⁵⁰ PS 065 DM8HB Product Specification ENG1.pdf (Login Crete AB, Box 22079, 250 22 Helsingborg)

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Systemet har vid dessa prov och försök uppvisat resultat som gör att systemet är tillräckligt bra i sig självt för att kunna genomföra måluttag för precisionsbekämpning där kravet är att TLE måste vara mindre än tio meter. Detta eftersom Excaliburgranaten i sig själv har en träffsannolikhet benämnt CEP på tio meter.

När det gäller mål i bebyggelse och i dagsljus visade provresultaten att precisionsbekämpning av mål var möjligt på ett avstånd upp till två kilometer. Svårigheter med referenspunktsuttag i bebyggelse samt att kunna se och mäta in målen bidrog i hög grad till att mätavståndet inte kom upp till mer än två kilometer. Vid nyttjande av gyrokompass för bestämning av referenspunkt ökade dock förmågan att kunna genomföra mållägesbestämning för precisionsbekämpning upp till fyra kilometer i en urban miljö.⁵¹

⁵¹ Anders Ingelshed: *Noggrannhet vid målinmätning, analys av ett eldledningsinstrument med förbättringsförslag* (Examensarbete MMK 2009:03 MCE 181, KTH Industriell teknik och management, Maskinkonstruktion, SE-100 44 Stockholm, Sverige 2009) s. 4, 8, 57-58

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

7. Genomfört fältförsök med digitalt kartunderlag och EOI

Försöket ägde rum den 19/10 2010 i Linköping. Deltagare vid försöket var från SBD Rolf Michel och Per-Olof Person. Från Artilleriregementet A 9 och ArtSS deltog kapten Per-Erik Forsberg vilken genomförde mätningarna med EOI:et. Per-Erik Forsberg har en mycket god färdighet som EOI-operatör. Från FHS deltog majoren Lars Göran Rutgersson och Docent Åke Sivertun. Från Tekniska Verken i Linköping deltog projektingenjör Bo Jonsson vilken gjorde det möjligt att genomföra provet då han upplät Linköpings vattentorn som observationsplats för EOI:et. Efter genomfört försök hölls en kortare genomgång av Franz Hofmann från SBD som beskrev i stora drag hur en kartering vid en internationell insats skulle kunna gå till. Vid försökstillfället fanns det inga begränsningar avseende vädret och siktförhållandet som kunde påverka resultaten från EOI:et, d v s samtliga mål var fullt synliga från observationsplatsen belägen högst uppe på Linköpings vattentorn.

7.1. Beskrivning av fältförsöket

Syftet med fältförsöket var att se om noggrannheten i ett måluttag med EOI skulle kunna förbättras med hjälp av ett eldledningsstödssystem och därmed minska TLE. Kartunderlaget vid detta fältförsök kom från SBD och deras system Rapid 3D Mapping. För försöket hade tio olika måltyper med olika svårighetsgrader valts ut. För att inte själva handhavandet av EOI:et skulle få några större inflytelser på försöket så har en van EOI-operatör använts. EOI:et var vid provtillfället bestyckat med ett GYRO. EOI-operatören fick med hjälp av EOI:et mäta in de tio olika målen. EOI:ets värden jämfördes sedan med de värden som erhöles ur den digitala kartan. Differensen mellan EOI:ets koordinatvärden för målet och koordinatvärden från kartunderlaget beräknades. Med hjälp av differensen beräknades sedan det radiella felet, vilket blir lika med EOI:ets TLE, då SBD:s underlag kan anses innehå de rätta koordinaterna för målen. Försöket genomfördes utan tidspress och inga yttre stressfaktorer påverkade EOI-operatören och området hade blivit karterat i en ostörd GPS-miljö.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

7.2. Kontroll av riktigheten i SBD:s underlag

SBD:s noggrannhet i kartunderlaget har kontrollerats genom att koordinater för fem referenspunkter från Linköpings kommun har jämförts med koordinater ur det digitala kartunderlaget från SBD. Tabellen nedanför visar koordinater i Rikets koordinatsystem 1990 (RT90) för referenspunkterna och SBD:s koordinater hämtade ur kartunderlaget för samma referenspunkter. Referenspunkterna utgörs av en vit fyrkant som är noga inmätt av kommunen. Dessa vita fyrkanter syns på den överflygning som gjordes med Rapid 3D Mapping för ett antal år sedan i samband med karteringen (se bild 4). Referenspunkternas koordinater har tagits fram genom att man har letat upp de vita markeringarna i SBD:s 3D karta. Jämförelse mellan referenspunktens koordinater från Linköpings kommun och erhållna koordinater ur kartunderlaget från SBD finns i tabellen nedan.

Referenspunkt från Linköpingskommun	Koordinator i RT 90 från Linköpings kommun för referenspunkten, se bild 4 exempel	SBD- koordinater Tagna ur kartan, se bild 4 exempel	SBD-koordinater Omvandlade till RT 90 ⁵²
1) Djurgårdsgatan i gatan	X 6475680,5 Y 1488892,8	N 58° 24' 14,908" E 15° 36' 54,749"	X 6475680,884 Y 1488892,908
2) Drottninggatan på refug	X 6 476 210,2 Y 1 488 698,7	N 58° 24' 32,008" E 15° 36' 42,703"	X 6476210,524 Y 1488698,806
3) Bangårdsgatan i gatan	X 6477522,6 Y 1488844,9	N 58° 25' 14,441" E 15° 36' 51,476"	X 6477523,007 Y 1488844,913
4) Ryd Parkering	X 6477396,9 Y 1485821,4	N 58° 25' 10,060" E 15° 33' 45,245"	X 6477397,249 Y 1485821,479
5) Skäggetorp cykelväg	X 6478423,6 Y 1486152,6	N 58° 25' 43,280" E 15° 34' 5,426"	X 6478423,915 Y 1486152,722

Tabell 1

När referenspunktens koordinater erhållna från Linköpings kommun och koordinaterna tagna ur SBD:s kartunderlag granskas så finner man att de överensstämmer mycket bra med varandra. Skillnaderna mellan koordinaterna utgör inte mer än några decimetrar. Därmed kan det fastställas att koordinaterna tagna ur SBD:s

⁵² För omvandling av koordinater har använts följande sida på Internet.
http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Enkelkoordinattransformation.aspx?id=11500 (Datum 101116)

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

kartunderlag kan anses som de rätta när vi sedan jämför med de erhållna koordinatvärdena från EOI:et för respektive mål.

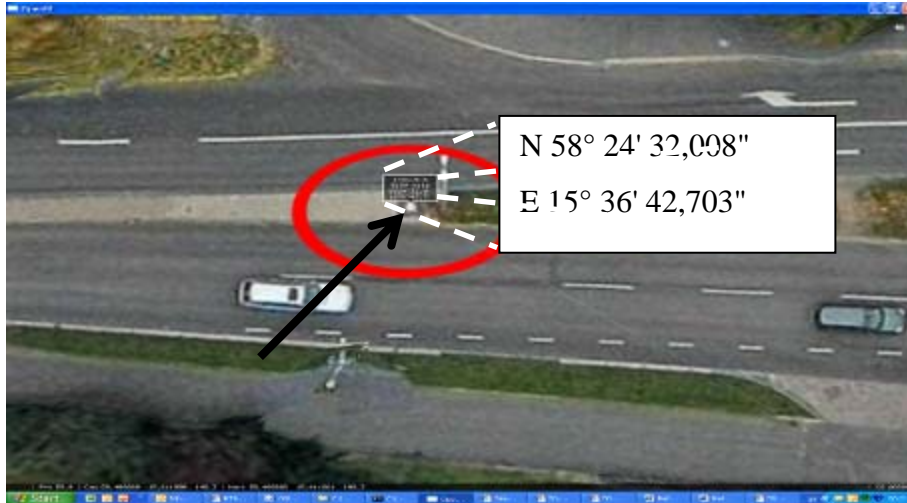


Bild 4 Referenspunkt nummer 2 den vita skärmen finns vid pilens spets.⁵³

7.3. Resultat från fältförsöket

Alla koordinater från EOI:et har vid försöket presenterats i SWEREF 99 TM. Koordinater tagna ur kartunderlaget har presenterats i SWEREF 99 WGS 84.

Koordinaterna tagna ur kartunderlaget har sedan med hjälp av lantmäteriets hemsida⁵⁴ transformerats om till SWEREF 99 TM för att koordinaterna ska kunna jämföras och TLE beräknas. Nedan visas mål 1:s värden och det beräknade radiella felet R vilket blir det samma som EOI:ets TLE

Mål 1	SBD	N 58°26'5,97''	E 15°35'37,08''	lat long
	SBD	N 6477294	E 534662	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6477268	E 534683	N=26 m E=-21 m R= 33 m

Tabell 2

Beräkningsprincipen har varit enligt nedan och som exempel nyttjas mål 1 värden.

SBD N 6477294 – EOI N 6477268 = 26 meter

SBD E 534662 – EOI E 534683 = -21 meter

$R = \sqrt{(26^2 + 21^2)} = 33$ meter

⁵³ Bild från SBD:s kartprogram

⁵⁴ http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Enkelkoordinattransformation.aspx?id=11500 (Datum 101118)

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Detta innebär att SBD:s underlag i detta fall kan förbättra EOI:ets värde med 33 meter.

I kartbilden nedan presenteras en översikt av de tio samtliga målen för att visa deras spridning och läge i förhållande till Opl.

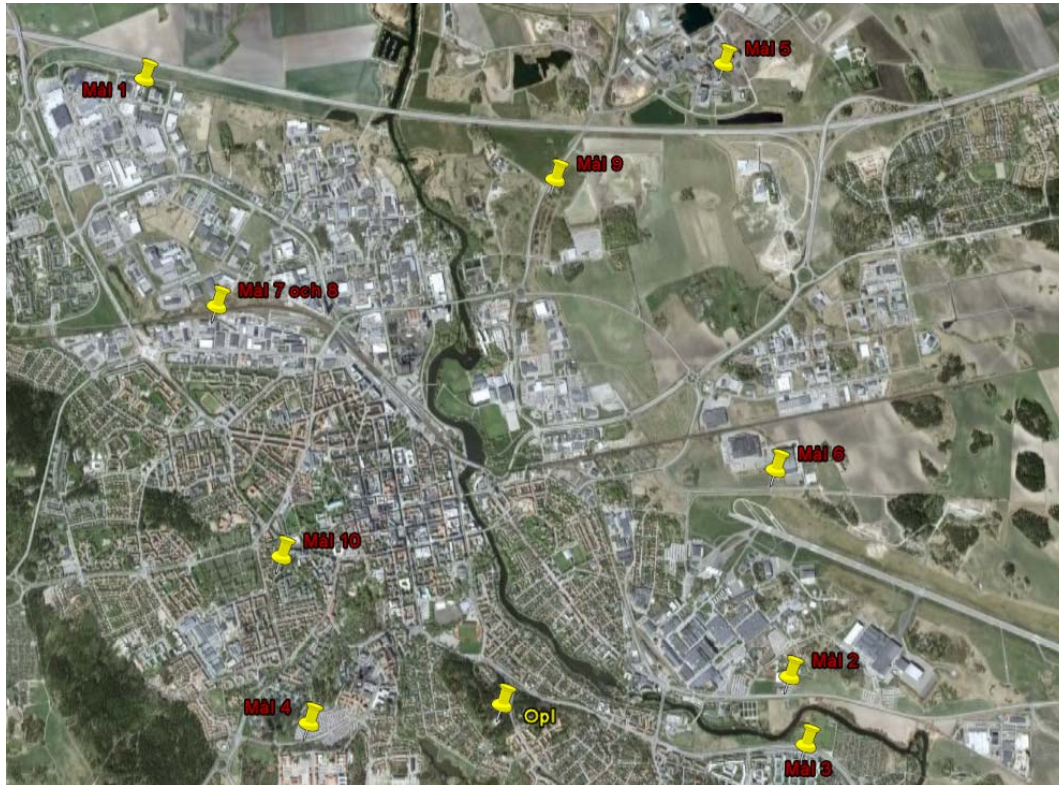


Bild 5 utvisande målens läge i förhållande till Opl. Det längsta avståndet är till mål 5 vilket ligger 4262 meter från Opl.⁵⁵

⁵⁵ Bilden kommer från Google Earth

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

I tabellen nedan visas en sammanställning över alla tio målens resultat. Varje enskilt mål finns beskrivet i detalj i *bilaga 1 resultat från fältförsöket*. Där finns även kommentarer till varje resultat.

Mål 1	SBD	N 58°26'5,97''	E 15°35'37,08''	lat long
	SBD Av 4649	N 6477294	E 534662	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 4620	N 6477268	E 534683	N=-26 m E=-21 m R= 33 m
Mål 2	SBD	N 58°24'3,38''	E 15°39'56,49''	lat long
	SBD Av 1812	N 6473541	E 538906	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 1810	N 6473545	E 538905	N=-4 m E=1 m R=4 m
MÅL 3	SBD	N 58°23'49,52''	E 15°40'0,65''	lat long
	SBD Av 1886	N 6473114	E 538979	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 1880	N 6473117	E 538980	N=-3 m E=-1 m R= 3m
Mål 4	SBD	N 58°23'53,75''	E 15°36'52,3''	lat long
	SBD Av 1192	N 6473215	E 535920	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 1190	N 6473218	E 535924	N=-3 m E=-4 m R=5 m
Mål 5	SBD	N 58°26'7,63''	E 15°39'31,13''	lat long
	SBD Av 4262	N 6477380	E 538458	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 4255	N 6477379	E 538451	N=1 m E= 3 m R= 3 m
Mål 6	SBD	N 58°24'44,05''	E 15°39'50,18''	lat long
	SBD Av 2230	N 6474799	E 538792	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 2235	N 6474814	E 538788	N= -15 m E= 4 m R= 16 m
Mål 7	SBD	N 58°25'17,22''	E 15°36'13,66''	lat long
	SBD Av 3066	N 6475791	E 535269	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 3060	E 6475783	E 535272	N =8 m E= -3 m R= 8 m
Mål 8	SDB	N 58°25'17,23''	E 15°36'13,06''	lat long
	SDB Av 3072	N 6475792	E 535259	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 3070	N 6475787	E 535268	N= 5 m E= -9 m R= 10 m
Mål 9	SDB	N 58°25'43,49''	E 15°38'24,64''	lat long
	SDB Av 3296	N 6476623	E 537387	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 3285	N 6476619	E 537382	N= 4 m E= 5 m R= 6 m
Mål 10	SDB	N 58°24'26,96''	E 15°36'42,72''	Omvandling lat long
	SDB Av 1627	N 6474241	E 535755	Omvandling Sweref 99
	EOI Av 1620	N 6474240	E 535759	N= 1 m E= -4 m R= 4 m

Tabell 3

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

7.4. Tolkning av resultat från genomfört fältförsök

Resultatet från detta fältförsök styrker därmed Anders Ingelsheds tidigare försöksresultat.⁵⁶ Enligt den rapporten framkom det att när det gäller mål i bebyggelse och i dagsljus var mållägesbestämning med hjälp av EOI:et möjligt för precisionsbekämpning på ett avstånd upp till två kilometer. Detta bekräftas med utfallet från detta försök genom resultaten för mål 2, 3, 4 och 10 vilka alla har ett TLE som är mindre än 10m. Enligt Anders Ingelsheds rapport ökade förmågan att kunna mållägesbestämna med hjälp av EOI:et för precisionsbekämpning upp till fyra kilometer vid nyttjande av gyrokompass. Detta bekräftas också av resultaten från målen 5,7,8 och 9 vilka alla har ett TLE mindre eller lika med tio meter. Det finns dock två mål som inte överensstämmer med tidigare provresultat och det är mål 1 och 6, vilka bägge har en TLE som överstiger tio meter.

Mål 1 utgörs av takets mitt på en byggnad som ligger på ett avstånd av 4649 meter från Opl. Sikten till målet är inte skynd och observationsvinkel är flack, se bild 5 i *bilaga 1 resultat från fältförsöket*

Kommentar till resultatet; Troligen beror den relativt stora avvikelser mellan kartunderlaget och EOI:s värde på att observationsvinkeln är flack och att det blir svårt med EOI:et att träffa mitt på taket. Det vill säga ekon från lasern som inte är från själva målets mitt erhålls. Ett radiellt fel på 33 meter erhöles vilket överstiger CEP för Excalibur.

Mål 6 utgörs av en bil parkerad på ett avstånd av 2335 meter från Opl. Sikten till målet är delvis skynd. Vinkeln till målet är gynnsam. se bild 10 i *bilaga 1 resultat från fältförsöket*.

Kommentar till resultatet; Tanken med detta försök var att i kartunderlaget bedöma var bilen stod parkerad, vilket inte var någon svårighet samt att EOI:et skulle

⁵⁶ Anders Ingelshed: *Noggrannhet vid målinmätning, analys av ett eldledningsinstrument med förbättringsförslag* (Examensarbete MMK 2009:03 MCE 181, KTH Industriell teknik och management, Maskinkonstruktion, SE-100 44 Stockholm, Sverige 2009) s. 4, 8, 57-58

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

få ett antal falska ekon med hänsyn till hindret framför målet vilket man också fick i detta test. EOI-operatören fick ta till andra mätmetoder för att fastställa målet, spridningen på ekona från lasern var som mest 100 meter i avstånd till det aktuella målet. Troligen reflekteras lasern i de träd som står framför parkeringsplatsen Avvikelsen mellan kartunderlaget och EOI:s värde ger ett radiellt fel på 16m vilket överstiger CEP för Excalibur.

7.4.1. Mål 1 och 6

Det genomförda fältförsöket visar på svårigheter med att kunna lägesbestämma mål med en hög noggrannhet vid vissa förhållanden. Problemet för en EOI-operatör är att veta när dessa problemtillfällen uppstår. Vid mål 6 var det vid detta fältförsök ändå förhållandevis lätt för EOI-operatören att förstå att mätresultatet var felaktigt. Detta eftersom EOI:et presenterade olika avstånd till målet och där skillnaden mellan det längsta och kortaste avståndet uppgick till runt 100 meter. Att som EOI-operatör i skarpt läge under en insats, med rådande tidspress, själv avgöra genom att uppskatta i terrängen eller på en fältkarta och därigenom bedöma vilket avstånd till målet som är det rätt är inte enkelt. Då skillnaden mellan de presenterade avstånden i EOI:et är 100 meter vid ett observationsavstånd på 2235 meter, är risken för felbedömning av EOI-operatören uppenbar gällande vilket av de erhållna målkoordinaterna som är det rätta.

Vid mål 1 uppstod inte denna avståndsskillnad och EOI-operatören fastställde därmed också målläget med ett radiellt fel på 33 meter. Mål 1 visar på att det är svårt att som EOI-operatör veta om man mäter på rätt mål om detta inte kan presenteras på något sätt som till exempel i ett eldledningsstödssystem i fältterminalen för EOI:et.

Genom tillgång till ett sådant eldledningsstödssystem kan EOI-operatören få varje mål verifierat i kartunderlaget som är kopplat till EOI:et och fältterminalen. Därmed säkerställs att det är rätt mål som pekas ut samt att TLE kan reduceras i princip helt med hjälp av det digitala kartunderlaget i eldledningsstödssystemet.

8. Slutsatser

8.1. Slutsatser Dagens konflikter

Dagens konflikter ställer nya krav på militära förmågor och i synnerhet på arméstridskrafterna. Erfarenheter gällande nyttjande av artilleriförband pekar på att målgrupperna som ska bekämpas idag oftast är små till storleken och kan betraktas som punktmål d v s de har en mycket liten utsträckning i rummet. För att minimera oönskade sidoverkningar vid insatser med artilleri krävs en god förmåga till att kunna genomföra precisionsbekämpning. Men även ur ett folkrättsligt perspektiv finns ett tydligt behov av att kunna genomföra insatser med en hög grad av precision. En förutsättning för att kunna genomföra precisionsbekämpning blir då att målets exakta läge måste kunna bestämmas. För att bekämpa tidskritiska mål i en urban miljö behövs troligen ett eldledningsstödssystem anskaffas. Kännedom om vilken noggrannhet detta kartunderlag har kommer att vara av stor betydelse oavsett om underlaget är egen producerat eller tillhandahållet på annat sätt. Metoder på taktisk och operativ nivå för att hantera teknikområde taktisk kartering bör finnas inom Försvarmakten.

8.2. Slutsatser Vad kännetecknar målet?

Tiden som målet är tillgängligt för bekämpning är betydligt mindre än 15 minuter och i vissa fall ända ner till sex minuter. Målet kan uppträda i en komplex miljö där det finns civila personer, civil egendom eller andra känsliga byggnader i nära anslutning. Detta ställer krav på att den geografiska informationen i ett eldledningsstödssystem måste finnas tillgänglig då insatsen skall ske för att kunna göra någon nytta och för att inte fördröja bekämpningsprocessen. Vidare måste den geografiska informationen i ett eldledningsstödssystem vara rätt, ha en hög noggrannhet avseende olika objekts geografiska lägen, kunna presenteras snabbt och lättförståeligt för användaren med hänsyn till tidsförhållanden och den rådande stridsmiljön. Med hänsyn till detta måste eldledningsstödssystem ha en hög auto-

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

matiseringsgrad och användarvänlighet. För att uppnå detta ska eldledningsstöds-system vara sammankopplat med sensorsystemet, i detta fall EOI:et. Kravet på riktighet i den geografiska informationen kräver att den geografiska informationen kan uppdateras kontinuerligt allt eftersom förändringar uppstår i exempelvis infrastrukturen.

8.3. Slutsatser Framtagande av underlag för eldledningsstöds-system

Val av metod och tillvägagångssätt styrs av vilket behov på noggrannhet som finns för underlaget. Att nyttja sig av befintliga kartor från civila och militära myndigheter eller kommersiella system eller utbyte av information mellan koalitionsparter kan vara problematiskt om underlaget ska kunna tjäna som stöd vid precisionsbekämpning. Ska kartering genomföras i egen regi och vid en insats där behovet på noggrannhet i underlag är högt, så finns det i huvudsak tre olika metoder att genomföra detta på. Dessa tre metoder är SAR, LIDAR eller fotogrammetri. Gemensamt för alla dessa metoder är att plattformens position måste kunna lägesbestämmas med en hög noggrannhet och för detta ändamål nyttjas GPS teknik. SBD:s system Rapid 3D Mapping sägs kunna inneha minst en noggrannhet på 0,3 meter vid en flyghöjd på 500 meter. Nyttjandet av fotogrammetri som karteringsform kommer att ställa krav på att väder och ljusförhållande är bra vid genomförandet av karteringen. Noggrannheterna i koordinaterna varierar beroende på vilken zoomnivå som nyttjas. Detta medför att en automatik krävs då koordinaterna ska tas ur underlaget för att säkerställa att den högsta noggrannheten alltid erhålles.

Det finns i huvudsak tre olika metoder på tillvägagångssätt vid kartering av ett insatsområde och dessa är; bärvågsmätning med egen basstation, PPP eller Markbundet referensnätverk. Alla metoder har sina för- respektive nackdelar. Det troligaste är att metoderna bärvågsmätning med egen basstation eller PPP kommer att användas vid taktisk kartering i ett insatsområde. Nyttjas egen basstation för att

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

genomföra taktisk kartering så måste basstationen sättas upp och bevakas under mättiden. Täckningen för det område som kan karteras blir en radie av 30 till 40 kilometer från basstationen för att inte precisionen i kartunderlaget ska nedgå i för stor utsträckning. Således blir val av placeringen av basstationen kritisk för karteringen så att rätt område täcks som ska karteras. Placeringen av basstationen måste också ta hänsyn till att även de skjutande enheterna, Opl och målet ryms inom samma karterade område, det vill säga inrymmas i samma referenssystem vid genomförandet av bekämpningen. Att betänka då är att de skjutande enheterna har en räckvidd på upp till 50 kilometer med Excalibur. Detta kan medföra att flera basstationer måste nyttjas eller att den basstation som nyttjas måste omgrupperas för att täcka hela området. Används PPP behövs inga basstationer däremot måste Rover stå stilla både före och efter genomförd kartering och lagra data för att kunna efterbehandla och erhålla de rätta positionerna för producering av kartunderlag. Vidare måste satelliternas banparameterar hämtas hem från Internet för att få hög noggrannhet. Dessa bandata för satelliterna finns tillgängliga efter tre till nio timmar. Tidsåtgången vid nyttjande av PPP eller egen basstation blir i stort sett densamma om man väljer att positionera basstationen genom medelvärdesbildning av GPS-positionen.

8.4. Slutsatser GPS mätmetoder och beräkningsteknik

Att med dagens GPS-teknik uppnå den noggrannhet i kartunderlaget som SBD hävdar att de kan göra är fullt möjligt. Det krävs dock en god planering och framförhållning vid genomförandet av karteringen samt utplacandet av basstationen. Andra aspekter att hantera är eventuella störningar mot GPS-mottagaren som kan genomföras vid karteringen av illasinnade aktörer. Detta medför att det kommer att krävas resurser för att kunna definiera, lokalisera och neutralisera störningsobjekten.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

8.5. Slutsatser EOI:ets kapacitet

EOI:et i sig själv klarar av att ta ut mål med en noggrannhet som tillåter precisionsbekämpning med Excalibur. Det uppstår dock problem vid uttag av mål i urban miljö där byggnader kan ligga nära varandra och osäkerhet om vilken byggnad som har sänt tillbaka ett eko från laserskottet kan uppstå. Detta kan medföra att det är svårt att veta om det är rätt mål som har tagits ut. Här kan ett eldledningsstödsystem som finns i fältterminalen vara ett stöd vid uttagningen av målet. Exempelvis genom att på fältterminalens tredimensionella digitala karta lägga in de målkordinater som EOI:et anger, för att kunna analysera att rätt byggnad mätts in. Genom denna presentation i den tredimensionella digitala kartbilden kan målet lätt verifieras om det är rätt byggnad som har tagits ut med hjälp av EOI:et. Alternativt kan målkordinaterna från EOI:et korrigeras med hjälp av ett eldledningsstödsystem för att på så vis minska TLE ytterligare. Med hänsyn till att Excalibur har en CEP på tio meter så bör strävan vara att TLE minskas så att endast CEP blir spridningen för verkansinsatsen.

8.6. Slutsatser Genomfört fältförsök

Fältförsöket styrker den tidigare rapporten av Anders Ingelshed angående EOI:et och dess förmåga att kunna ta ut mål för precisionsbekämpning. Det vill säga vid huvuddelen av målen i fältförsöket så ligger TLE under CEP på 10m men det finns dock ett TLE kvar. Detta TLE som vid försöket ligger mellan en till trettio tre meter skulle kunna reduceras om fältterminalen till EOI:et var utrustad med ett eldledningsstödsystem. Vidare skulle det underlätta betydligt för EOI-operatören att avgöra vilka ekon som är de rätta respektive falska genom att presentera mätnresultatet direkt grafiskt i kartunderlaget för fältterminalen. Därmed uppnår man två fördelar med ett eldledningsstödsystem i fältterminalen. Nämligen att EOI-operatören kan få varje mål verifierat i kartunderlaget samt att TLE kan reduceras i princip helt. Med hänsyn till noggrannheten i kartunderlager bör Opl, mål eller andra objekt kunna lägesbestämmas direkt ur kartunderlaget med en stor precision. Resultaten bygger på att det karterade området var karterat i en ostörd GPS-miljö.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

9. Den militära nyttan med ett eldledningsstödssystem

I början av uppsatsen redovisades en frågeställning. Den frågan kommer att analyseras och besvaras här med utgångspunkt från de tidigare kapitlen och de dragna slutsatserna. Frågeställningen löd enligt följande:

I vilken grad förändras noggrannheten i koordinaterna vid ett måluttag i urban miljö då eldlednings och observationsinstrumentet stöds av ett eldledningsstödssystem?

9.1. Analys och resultat - Hur kan ett eldledningsstödssystem stödja EOI:et vid måluttag i urban miljö?

Dagens strider utspelar sig oftast mitt ibland civilbefolkningen och kombattanterna kan utgöras av en rad olika aktörer, allt från rena milisenheter till enbart kriminella gäng. Kombattanterna drar sig inte för att uppträda bland civilbefolkningen eller i urbana miljöer för att försvåra möjligheten till bekämpning i likhet med scenariot från kapitel 3. Målet som är föremål för bekämpning är oftast litet till ytan och i vissa fall endast små persongrupper. Målen får därmed en liten utbredning och kan därför liknas med punktmål. Exponeringstiden d v s den tid som målet finns tillgängligt för bekämpning, är vanligtvis mycket kort, i vissa fall så kort som sex minuter. Detta gör att dagens strider är mer komplexa att hantera än gårdagens, vilka ofta utspelade sig mellan reguljära stridskrafter, där målen var stora till ytan och hade en lång exponeringstid.

Dessa nya trender gör att det krävs nya förmågor för att kunna verka i dagens konflikter med indirekt eld. Ett exempel på ett nytt sådant behov som uppstår är förmågan till att kunna genomföra precisionsbekämpning med artilleriförband. Försvarsmakten bygger därför upp sin förmåga till att kunna genomföra precisionsbekämpningen genom anskaffningen av pjässystem Archer och granaten Excalibur (klart till 2012) parallellt som förmågan till ytmålsbekämpning bibehålls för att kunna understödja manöverförbanden. Förmågan till precisionsbekämpning ställs

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

verkligen på sin spets då kombattanter uppträder i närheten av civila och i en urban miljö. Precisionen i måluttaget blir därför i den urbana insatsmiljön av central betydelse för om insatsen med ett artilleriförband ska bli lyckad eller inte. Vikten av att träffa rätt i första eldöppandet gäller främst vad det avser att nedkämpa eventuella kombattanter men även för att minimera den oönskade sidoverkan och därmed även minimera onödigt lidande för tredje part.

Det är i samband med måluttag i dessa sammanhang som EOI:ets kapacitet ställs på ordentliga prov. EOI:et har genom det genomförda fältförsöket visat på att det har en kapacitet att ta ut mål med tio meters noggrannhet i de flesta fallen, dock finns det alltid ett TLE kvar. Detta TLE varierar inom ett intervall mellan en till tio meter vid det genomförda fältförsöket. Fältförsök visar också på problemområden som EOI:et kan stöta på vid måluttag i en urban miljö och vid bekämpningsförlopp liknade de vid målen 1 och 6. Där TLE för dessa var på 33 meter respektive 16 meter. För mål 6 fick EOI-operatören en uppfattning om att något inte stämde vid måluttaget eftersom EOI:et presenterade en skillnad på 100 meter i avståndet till målet vid samma mätillfälle p g a att olika mottagna eko presenterades för operatören. Detta var dock inte fallet vid mål 1 där TLE blev 33 meter och där EOI-operatören uppfattade detta måluttag som rätt eftersom EOI:et presenterade ett entydigt mätresultat då endast ett eko returnerades tillbaka.

För att lösa dessa tillkortakommanden hos EOI:et skulle ett eldledningsstödsystem kunna nyttjas för att komplettera EOI:et. Bonuseffekten som då uppnås är att EOI-operatören får en kvittens att erhålla målkoordinater från EOI:et är från rätt mål. Det vill säga operatören får hjälp med stöd för verifiering av att rätt mål mäts in. En annan effekt som också uppnås är att samtliga inmätta mål med EOI:et automatiskt kan rimlighetsbedömas och att koordinaterna kan också korrigeras vid behov med hjälp av kartunderlaget och därmed bidra till att TLE kan reduceras till under metern. Därmed uppnås en mycket hög noggrannhet i måluttaget. En ytterligare vinst som kan uppnås med kartunderlaget är att Opl, mål eller andra objekt

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

kan lägesbestämmas direkt ur kartunderlaget med en stor precision. Exempelvis som vid det genomförda fältförsöket, vet man att man är på vattentornets topp så kan man ta koordinaterna för Opl direkt ur kartan för att positionera sin utrustning.

Resultatet av analysen ger följande svar på frågeställningen. *Med hjälp av ett digitalt eldledningsstödssystem kopplat till EOI:et kan TLE vid måluttag i en urban miljö i reduceras till under metern.*

10. Diskussion

Som framgår av resultatet från kapitel 9.2, kommer det alltid att finnas ett TLE kvar (under metern, pga. noggrannheten i kartunderlaget se kap 7.2) men att det är så litet att det inte har någon större påverkan. Att sträva efter att eliminera TLE bör i alla lägen prioriteras om inte minst ur ett folkrättsligt perspektiv där alla tillbuds stående medel ska nyttjas för att minimera att oönskade sidoeffekter uppstår. Men även ur det perspektivet att dagens strider har ändrat karaktär och att det är allt vanligare att kombattanterna uppträder bland civila i en urban miljö vilket gör att behovet på att minimera TLE har ökat. I dagens oroshärdar har målen oftast en liten utbredning i storleksform och kan liknas vid punktmål. För att verka mot mål med en sådan liten utbredning över ytan, krävs ett litet TLE vid mållägesbestämningen. Detta är en skillnad mot hur målen såg ut vid gårdagens strider, där reguljära förband ofta stred mot varandra och målets utbredning var över en stor yta. Här var kravet på ett litet TLE inte var så stort. Dessa påståenden styrks av erfarenheter från konflikter som de i Irak och Afghanistan, men även det scenario som beskrevs i kapitel 3, vilka alla visar på att behovet av olika typer av artilleriunderstöd så som precisions- och ytmålsbekämpning.

Erfarenheter visar också på att understöd av artilleriförband behövs vid lösandet av internationella insatser i såväl höga som låga konfliktnivåer samt att målets exponeringstid är liten. Behovet av precisionsbekämpningen är större vid låga konfliktnivåer där kravet på att minimera oönskad sidoverkan är om möjligt ännu större än vid höga konfliktnivåer. Mot bakgrund av detta anskaffar Försvarmakten ett nytt pjässystem Archer och en precisionsgranat Excalibur. Försvarmakten planerar också att anskaffa ett eldledningsstödssystem för att öka förmågan till att kunna bekämpa tidskritiska mål i urban miljö d v s genomföra precisionsbekämpning.

Resultatet från fältförsöket visar på att EOI:et i sig själv har en förmåga att kunna ta ut mål med en hög noggrannhet för precisionsbekämpning, men att det alltid

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

kommer att finnas ett TLE kvar som är varierande från fall till fall dock minst en meter. Fältförsöket visar också att EOI:et är i behov av stöd vid måluttag i urban miljö för att dels kunna reducera TLE helt men även för att kunna verifiera samt få ett automatiskt stöd avseende rimlighetskontroll över att rätt mål mäts in.

Resultatet från det genomförda fältförsöket samt underlaget från kapitel 4 och 5 visar på att det idag finns teknik för att kunna ta fram ett sådant eldledningssystem innehållandes en tredimensionell digital karta och att ett sådant system kopplat till EOI i princip skulle kunna reducera TLE till noll åtminstone till under metern. Tekniken som används för att skapa det mycket noggranna digitala kartunderlaget bygger på att i tre dimensioner noggrant positionera en Rover som är utrustad med digitalkameror. Positioneringen av Rovern görs med hjälp av att använda olika typer av GPS-tekniker avseende relativ mätning. De möjligheter som finns för att positionera rovern vid kartering i en internationell insats är att nyttja en egen basstation, PPP eller att använda befintligt markbundet referensnätverk. Alla metoder har dock sina fördelar och nackdelar. För att säkerställa att kartunderlaget tas fram på önskvärt sätt, till rätt tid och för rätt behov borde Förvarsmakten själv ha förmågan att kunna bedriva taktisk kartering i likhet med SBD:s system.

10.1. En kritisk granskning som ger frågor att beakta

Att ha i åtanke är att det genomförda fältförsöket gjordes utan tidspress och att det karterade området var karterat i en ostörd GPS-miljö, samt att den viktigaste pusselbiten för att kunna verifiera hela systemet saknas. Nämligen att verkan mot målet sätts in och att målet blir bekämpat. Det vill säga hela funktionskedjan för indirekt eld vilken idag kräver att alla ingående enheter ska inrymmas inom samma referenssystem från mål, via sensor till skjutande enheter för att kunna verka. Denna kedja knöts aldrig ihop eftersom verkan mot målet aldrig sattes in av förklarliga skäl. Att tekniken för taktisk kartering fungerar och att TLE kan reduceras till i princip noll här hemma i Sverige och under ordande former är det inget tvivel om, men hur kommer det att se ut vid en internationell insats? Frågor som måste beak-

Major Lars Göran RutgerSSon

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

tas i ett sådant sammanhang är förmodligen många och svaren inte alltid givna. Men för att peka på några områden som måste kunna hanteras och som kan vara direkt avgörande för resultatet vid taktisk kartering i ett konfliktområde i samband med en insats, så följer här ett antal frågeställningar att förhålla sig till. Med hänsyn till den tidsåtgång som åtgår för att kartera ett område samt storleken på området som kan karteras vid ett tillfälle (se kapitel 4), måste en noggrann planering göras så att rätt områden i insatsområdet är/blir karterade vid rätt tillfällen. Vidare måste hänsyn tas till hur man ska hantera en GPS störmiljö. Följande frågeställning måste därför analyseras. *När i tiden inom ramen för insatsen och i vilka områden i insatsområdet sker karteringen samt hur hanterar man eventuella GPS-störare?*

Oavsett vilken metod som nyttjas för att kartera ett område så kommer det att finnas en risk för att någon av de ingående delarna i funktionskedjan hamnar utanför det karterade området. Risken för att detta ska inträffa är förmodligen störst vid nyttjande av metoden egen basstation. *Hur säkerställer man att inte någon enhet i funktionskedjan hamnar utanför referenssystemet?*

Då det troligen inte kommer att vara möjligt att kartera hela insatsområdet på en gång pga. tid, resurser, insatsområdets geografiska storlek mm. *Hur hanterar man att insatsområdet kommer att ha olika noggrannheter i sitt referenssystem eftersom hela insatsområdet troligen inte kommer att karters med samma noggrannhet?*

Det nyttjade underlaget vid fältförsöket är framtaget med hjälp av fotogrammetri. Denna metod kräver att väder och ljusförhållandet vid genomförandet av karteringen är gynnsamt för att underlaget ska vara användbart. *Frågan som måste hanteras i detta fall är vilken typ av sensor eller kombination av sensorer man bör nyttja vid genomförandet av taktisk kartering för att ta fram en tredimensionell digital karta till ett eldledningsstödsystem?*

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

11. Rekommendationer

För att fullt ut kunna nyttja den potential som har byggts upp och som kommer att byggas upp inom artilleriet avseende förmågan att kunna genomföra precisionsbekämpning, är det av stor vikt att mållägesbestämning kan göras med en hög noggrannhet. För detta ändamål kommer EOI:et att behöva någon form av eldledningsstödsystem för att kunna minimera TLE vilket har påvisats genom fältförsöket. Eldledningsstödsystem i sin tur bör innehålla en tredimensionell digital karta och vara sammankopplad med EOI:et. Kartunderlaget till det digitala eldledningsstödsystemet måste ha en hög koordinatnoggrannhet. Detta underlag skulle kunna produceras med hjälp av taktisk kartering i likhet med SBD:s system. Taktisk kartering är således ett teknikområde som i allra högsta grad är aktuellt både idag och imorgon för att kunna ta fram kartunderlag avsett för att förbättra förmågan till att kunna genomföra precisionsbekämpning. Teknikområdet har påverkan på förmågan att kunna genomföra precisionsbekämpning med artilleriförband och inflytande på hela Försvarmaktens insatsorganisation med hänsyn till Försvarmaktens insatsförband och det ökade internationella engagemanget. Det är ganska troligt att Försvarmaktens förband kommer att bli insatta i områden där kartunderlaget och den geografiska informationen är mycket bristfälligt eller saknas helt. Vare sig Försvarmakten har tillgång eller inte tillgång till förmågan eller kunskapen om taktisk kartering, så är det här ett teknikområde som Försvarmakten måste kunna förhålla sig till nu och i framtiden. För att nå dit blir mina rekommendationer enligt följande:

- Fortsatta studier och försök med ett demonstratorsystem där EOI:et och fältterminalen är utrustad med ett digitalt eldledningsstödsystem med en tredimensionell digital karta bör genomföras. Syftet med studierna och försöken bör vara kunskapsuppbyggande för att kunna ställa relevanta krav på hur en applikation med EOI:et innehållande ett eldledningsstödsystem ska vara utformat, för att kunna minimera TLE och ge

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

ett stöd till EOI-operatören, avseende verifiering och rimlighetsbedömning. Försöken bör ske i såväl urban miljö som icke urban miljö.

- Området taktisk kartering bör fortsatt studeras och en kunskapsuppbyggnad påbörjas inom teknikområdet. Frågeställningar som kan vara lämpliga att studera är exempelvis: Hur ska Försvarsmakten genomföra taktisk kartering vid en internationell insats?, Hur ska Försvarsmakten hantera kartering i en miljö där risken för GPS störning är stor? Hur ska förmågan till taktisk kartering organiseras och hanteras i Försvarsmaktens insatsorganisation? Hur ska Försvarsmakten hantera att insatsområdet kommer att ha olika noggrannheter i referenssystemet och vilken betydelse får det för förmågan att kunna verka med indirekt eld?
- Försvarsmakten bör i närtid anskaffa ett demonstratorsystem för taktisk kartering för att bygga upp sin kunskap inom detta område. Syftet med en sådan kunskapsuppbyggnad är att kunna ställa rätt krav på system vid en eventuell anskaffning och för att veta vad det är man avsåger sig om man beslutar sig för att inte ha förmågan till taktisk kartering inom Försvarsmakten.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

12. Sammanfattning

Dagens strider skiljer sig mot gårdagens då vi idag befinner oss i en era av motsättningar mellan aktörer, som kan liknas med uttrycket ”*war amongst the people*”. Där förmågan hos den militära styrkan att kunna agera i dessa komplexa miljöer mot icke statliga aktörer, inom givna politiska ramar och under en global opinionskritiska granskning kommer att vara betydande för konfliktens utgång. För att kunna hantera de nya behov som dessa typer av konflikter ställer, skapar nu Sverige en Försvarsmakt som kännetecknas av användbarhet, tillgänglighet och flexibilitet. Det görs genom en transformering av hela Försvarsmakten inklusive artilleriförband till ett insatsförsvar i och med intagandet av IO 14. I den nya Försvarsmaktens insatsförband ska arméstridskrafterna kunna verka i såväl höga som låga konfliktnivåer både nationellt och internationellt samt i urbana miljöer. Erfarenheter från oroshärdar i likhet med de i Irak och Afghanistan har visat på vikten av tillgång till precisionsbekämpning med indirekt eld för att undvika förluster bland de civila. Förmågan till precisionsbekämpning byggs upp inom de svenska artilleriförbanden genom anskaffning av ett nytt pjässystem och precisionsgranaten Excalibur. Den urbana miljön ställer högre krav på precision vid måluttag för att kunna nedkämpa målet och enbart målet i det första eldöppnandet och därigenom minska risken för oönskad sidoverkan. För att uppnå en ökad förmåga avseende lägesbestämning och bekämpning av tidskritiska mål i en urban miljö avser Försvarsmakten att anskaffa ett digitalt eldledningsstödssystem. Denna uppsats har därför genom ett fältförsök fokuserat på att undersöka hur precisionen vid måluttag förändras om EOI kompletteras med ett digitalt eldledningsstödssystem som försörjs med data genom Rapid 3D Mapping. Den teoretiska ramen för uppsatsen byggs upp genom att dagens konflikter studeras utifrån litteraturen *Security Studies* och *The Utility of Force*. Regeringens proposition *Ett användbart försvar* samt Försvarsmaktens utvecklingsplaner och doktriner har studerats för att klarlägga hur de nya kraven på militära förmågor som dagens strider ställer, ska hanteras och då specifikt för artillerifunktionen och förmågan till precisionsbekämpning. Ut-

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

gångspunkten för den genomförda empirin tas från studien *Framtida markmålsbekämpning* där ett representativt scenario för en internationell insats i en urban miljö hämtas för att beskriva målet och dess kontext. I empirin studeras hur olika tekniska lösningar avseende GPS vid taktisk kartering kan se ut vid en insats och vilken noggrannhet ett sådant kartunderlag kan förväntas ha. I empirin görs en kortare beskrivning av EOI:et där det framgår att EOI:et i sig själv har kapaciteten att kunna ta ut mål för att genomföra precisionsbekämpning i en urban miljö. Vid det genomförda fältförsöket med ett EOI och SBD:s system för taktisk kartering och presentation av digitalt kartunderlag kommer dock behovet av stöd till EOI avseende måluttag i urban miljö i dager. Analysen av de slutsatser som dragits under empirin pekar på att genom att stödja EOI:et med ett digitalt eldledningsstödsystem kan följande resultat uppnås: *Med hjälp av ett eldledningsstödsystem innehållandes en tredimensionell digital karta kopplat till EOI:et kan TLE vid måluttag i en urban miljö i reduceras till under metern.*

Utifrån resultatet av analysen och den efterföljande diskussionen ges följande rekommendationer:

- Fortsatta försök med ett demonstratorsystem där EOI:et och dess fältterminal är utrustad med ett digitalt eldledningsstödsystem med en tredimensionell digital karta bör genomföras i såväl urban miljö som icke urban miljö.
- Området taktisk kartering bör fortsatt studeras där följande frågeställningar kan vara lämplig: Hur ska Försvarmakten genomföra taktisk kartering vid en internationell insats? Hur ska Försvarmakten hantera kartering i en miljö där risken för GPS störning är stor? Hur ska förmågan till taktisk kartering organiseras och hanteras i Försvarmaktens insatsorganisation? Hur ska Försvarmakten hantera att insatsområdet kommer att ha olika noggrannheter i referenssystemet och vilken betydelse detta får för förmågan att kunna verka med indirekt eld?

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

- Försvarsmakten bör i närtid anskaffa ett demonstratorsystem för taktisk kartering för att bygga upp sin kunskap inom detta teknikområde. Syftet med en sådan kunskapsuppbyggnad är att kunna ställa rätt krav vid en eventuell anskaffning och för att veta vad det är man avsåger sig om man beslutar sig för att inte ha förmågan inom Försvarsmakten

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

13. Referenser

13.1. Litteraturförteckning

- Anders Ingelshed: *Noggrannhet vid målinmätning, analys av ett eldledningsinstrument med förbättringsförslag* (Examensarbete MMK 2009:03 MCE 181, KTH Industriell teknik och management, Maskinkonstruktion, SE-100 44 Stockholm, Sverige 2009)
- Andreas Engfeldt m.fl.: *Så fungerar GNSS* (Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem) Gävle 2003
- *Arméns utvecklingsplan AUP 2011*: (HKV beteckning 2010-10-19, 01 600:63220, bilaga 1)
- Delrapport två för studien: *Verkan från luften*, (LUFT 070803S), bilaga 1 (HKV 05100:60928)
- *Doktrin för markoperationer*: (HKV beteckning 2005 03 10 09 833: 64797) M7740-774004 (Försvarmakten 2005, Stockholm)
- Eklundh Lars (red): *Geografisk informationsbehandling metoder och tillämpningar* (Tredje reviderade upplagan 2003, ISBN 91-540-5904-6)
- Försvarmakten, Marincentrum, Läroboken i Navigation del 3: *Navigation med teletekniska hjälpmedel* (Beteckning 1999-08-16 09 832:60805 M7744-318031)
- *Försvarmaktens utvecklingsplan FMUP 2011-2020*: (HKV beteckning 2010-02-05, 23 320:51391, bilaga 1)
- Lars Göran Rutgersson FHS: *Den militära nyttan med geografiska informationssystem kopplat till eldlednings- och observationsinstrumentet vid precisionsbekämpning*.
- Patrik Nilsson: *Studie av beroendet i samhället av satellitnavigeringssystem*, (Krisberedskapsmyndigheten 2006-09-15 0173/2005)
- PROTEC: *Teknik för Sveriges säkerhet* Nr 3 2005 (FMV, ISSN 1653-2643)
- PS 065 DM8HB Product Specification ENG1.pdf (Login Crete AB, Box 22079, 250 22 Helsingborg)
- Regeringens proposition 2008/09:140: *Ett användbart försvar*
- Rubert smith: *The Utility of Force, The Art of War in the Modern World* (New York Knopf 2007)
- SAAB Bofors Dynamics AB *Product sheet – Rapid 3D Mapping – eng –v. 1 mar*
- Segerman, M: *Precisionsbekämpning av taktiska markmål, en framtida förmåga?*, C Uppsats, Försvarshögskolan, 2004, 19:100:2076
- Studierapport *Framtida markmålsbekämpning*, (ATK00148S) bilaga 1 (HKV beteckning 2006-11-01, 21 120:70458)
- Söderman Ulf m.fl.: *Taktisk Kartering – en kort förstudie*, (FOI, 2005, Memo 1202)

Major Lars Göran RutgerSSon

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

- Thomas G. Weiss m.fl.: *Securitiy Studies*, Edited by Paul D. Williams, Reprinted 2008, 2009, Kapitel *The United Nations*

13.2. Från internet

- http://www.nyteknik.se/nyheter/fordon_motor/flygplan/article45621.ece (Datum 090810)
- http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_page.aspx?.id=4860 (datum 101108)
- http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Enkelkoordinattransformation.aspx?id=11500 (Datum 101115)
- <http://www.definitions.net/definition> (Datum 101129)

13.3. Intervjuer

- Franz Hofmann: Senior specialist, Integrated Navigation Systems, Saab Bofors Dynamics AB, Linköping, (franz.hofman@saabgroup.com) 2010-10-19

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Bilaga 1 Resultat från fältförsöket

Mål 1

Mål 1 utgörs av takets mitt på en byggnad som ligger på ett avstånd av 4649 meter från Opl. Sikten till målet är inte skynd och observationsvinkel är flack.



Bild 6 utvisande mål 1 så som det syns i EOI:et från Opl.⁵⁷

Resultat mål 1

MÅL 1	SBD	N 58°26'5,97''	E 15°35'37,08''	lat long
	SBD	N 6477294	E 534662	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6477268	E 534683	N=26m E=-21m R= 33m

Kommentar till resultatet; Troligen beror den relativt stora avvikelserna mellan kartunderlaget och EOI:ets värde på att observationsvinkeln är flack och att det blir svårt med EOI:et att träffa mitt på taket. Ekon från lasern som inte är från själva målets mitt erhålls. Ett radiellt fel på 33 meter uppstår som överstiger CEP för Excalibur

⁵⁷ Samtliga bilder i denna bilaga är tagna av fotograf Per-Olof Persson SBD

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 2

Mål 2 utgörs av en bil parkerad på ett avstånd av 1812 meter från Opl. Sikten till målet är delvis skyddad eftersom bilen står bakom en bensinstation. Vinkeln till målet är gynnsam d v s inte flack.



Bild 7 utvisande mål 2 så som det syns i EOI:et från Opl

Resultat mål 2

MÅL 2	SBD	N 58°24'3,38''	E 15°39'56,49''	lat long
	SBD	N 6473541	E 538906	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6473545	E 538905	N=-4m E=1m R=4m

Kommentar till resultatet; Tanken med detta försök var att i kartunderlaget bedöma var bilen stod parkerad, vilket inte var någon svårighet samt att EOI:et skulle få ett antal falska ekon med hänsyn till hindret framför målet vilket man inte fick. Avvikelsen mellan kartunderlaget och EOI:s värde är litet. Ett radiellt fel på fyra meter uppstår och understiger CEP för Excalibur.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 3

Mål 3 utgörs av en byggnad i ett bostadsområde 1886 meter från Opl. Målet ligger bland flera byggnader vilket medför svårighet att bedöma om man mäter mot rätt byggnad och risk för att få falska ekon till EOI:et finns. Vinkeln till målet är gynnsam.



Bild 8 utvisande mål 3 så som det syns i EOI:et från Opl (Målet är den bakre byggnaden av de två höghusen)

Resultat mål 3

MÅL 3	SBD	N 58°23'49,52''	E 15°40'0,65''	lat long
	SBD	N 6473114	E 538979	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6473117	E 538980	N=-3m E=-1m R=3m

Kommentar till resultatet; Tanken med försöket var att EOI:et skulle få ett antal falska ekon med hänsyn till hindret framför målet vilket man inte fick. Avvikelsen mellan kartunderlaget och EOI:s värde är litet. Ett radiellt fel på tre meter uppstår och understiger CEP för Excalibur.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 4

Mål 4 utgörs av en vägskylt 1192 meter från Opl. Målet ligger något skymt och risk för falska ekon till EOI:et finns. Vinkeln till målet är gynnsam



Bild 9 utvisande mål 4 så som det syns i EOI:et från Opl

Resultat mål 4

Mål 4	SBD	N 58°23'53,75''	E 15°36'52,3''	lat long
	SBD	N 6473215	E 535920	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6473218	E 535924	N=-3m E=-4m R=5m

Kommentar till resultatet; Tanken med försöket var i likhet med mål 3, att EOI:et skulle få ett antal falska ekon med hänsyn till hindret framför målet, vilket man inte fick. Avvikelsen mellan kartunderlaget och EOI:s värde är litet. Ett radiellt fel på fem meter uppstår och understiger CEP för Excalibur.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 5

Mål 5 utgörs av en cistern 4262 meter från Opl. Målet ligger bland flera cisterner. Svårighet att bedöma om man mäter mot rätt cistern finns samt risk för falska ekon till EOI:et. Vinkeln till målet är flack.



Bild 10 utvisande mål 5 så som det syns i EOI:et från Opl. (Målet är den högra cisternen i bilden)

Resultat mål 5

Mål 5	SBD	N 58°26'7,63''	E 15°39'31,13''	lat long
	SBD	N 6477380	E 538458	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6477379	E 538451	N=1m E= 3m R= 3m

Kommentar till resultatet; Tanken med försöket var att EOI operatören skulle få problem att avgöra om det är rätt mål som har mätts in vilket han inte fick tack vare sin rutin. Avvikelsen mellan kartunderlaget och EOI:s värde är litet. Ett radiellt fel på tre meter uppstår och understiger CEP för Excalibur. EOI:et hanterade i detta fall även den flacka vinkeln till målet

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 6

Mål 6 utgörs av en bil parkerad på ett avstånd av 2335 meter från Opl. Sikten till målet är delvis skymd. Vinkeln till målet är gynnsam.



Bild 11 utvisande mål 6 så som det syns i EOI:et från Opl.

Resultat mål 6

Mål 6	SBD	N 58°24'44.05''	E 15°39'50.18''	lat long
	SBD	N 6474799	E 538792	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6474814	E 538788	N= -15m E= 4m R= 16m

Kommentar till resultatet; Tanken med detta försök var att i kartunderlaget bedöma var bilen stod parkerad, vilket inte var någon svårighet samt att EOI:et skulle få ett antal falska ekon med hänsyn till hindret framför målet vilket man också fick i detta test. EOI-operatören fick ta till andra mätmetoder för att fastställa målet, spridningen på ekona från lasern var som mest 100 meter i avstånd till det aktuella målet. Troligen reflekteras lasern i de träd som står framför parkeringsplatsen. Avvikelsen mellan kartunderlaget och EOI:ets värde ger ett radiellt fel på 16 meter vilket överstiger CEP för Excalibur.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 7

Mål 7 utgörs av en byggnad på ett avstånd av 3037m från Opl. Sikten till målet är inte skymd. Vinkeln till målet är gynnsam.



Bild 12 utvisande mål 7 så som det syns i EOI:et från Opl.

Resultat mål 7

Mål 7	SDB	N 58°25'17.22''	E 15°36'13.66''	lat long
	SDB	N 6475791	E 535269	Omvandling Sweref 99
	EOI	E 6475783	E 535272	N =8 E= -3m R= 8m

Kommentar till resultatet; Målet bedöms som lätta att mäta in med EOI:et. Ändå blir avvikelserna mellan kartunderlaget och EOI:s värde förhållandevis stort. Ett radiellt fel på åtta meter uppstår och understiger CEP för Excalibur.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 8

Mål 8 utgörs av samma byggnad som för mål 7 på ett avstånd av 3037m från Opl. Men i detta fall är det takets mittpunkt som ska lägesbestämmas. Sikten till målet är inte skyddad. Vinkeln till målet är inte gynnsam.



Bild 13 utvisande mål 8 så som det syns i EOI:et från Opl.

Resultat mål 8

Mål 8	SDB	N 58°25'17,23''	E 15°36'13,06''	lat long
	SDB	N 6475792	E 535259	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6475787	E 535268	N= 5m E= -9m R= 10m

Kommentar till resultatet; Målet bedöms som svårt att mäta in med EOI:et med hänsyn till vinkeln till målet och eventuella falska ekon som kan uppstå i samband med mätningen. Det eventuella falska ekot skulle kunna uppkomma från fasaden på byggnadens framsida. Ett radiellt fel på tio meter erhålls vid mätningen vilket är lika med CEP för Excalibur.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 9

Mål 9 utgörs av en byggnad på ett avstånd av 4293 meter från Opl. Målet bedöms som lätt att mäta in med EOI:et. Sikten till målet är inte skymd. Vinkeln till målet är gynnsam.



Bild 14 utvisande mål 9 så som det syns i EOI:et från Opl.

Resultat mål 9

Mål 9	SDB	N 58°25'43,49''	E 15°38'24,64''	lat long
	SDB	N 6476623	E 537387	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6476619	E 537382	N= 4m E= 5m R= 6m

Kommentar till resultatet; Målet bedöms som lätt att mäta in med EOI:et med hänsyn till vinkeln till målet. Ett radiellt fel på sex meter uppstår och understiger CEP för Excalibur.

Major Lars Göran Rutgersson

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Mål 10

Mål 10 utgörs av en byggnad på ett avstånd av 1627 meter från Opl. Målet bedöms som lätta att mäta in med EOI:et. Sikten till målet är inte skymd. Vinkeln till målet är gynnsam.



Bild 15 utvisande mål 9 så som det syns i EOI:et från Opl.

Resultat mål 10

Mål 10	SDB	N 58°24'26,96''	E 15°36'42,72''	Omvandling lat long
	SDB	N 6474241	E 535755	Omvandling Sweref 99
	EOI	N 6474240	E 535759	N= 1m E= -4m R= 4m

Kommentar till resultatet; Målet bedöms som lätt att mäta in med EOI:et med hänsyn till vinkeln till målet och eventuella falska ekon som kan uppstå i samband med mätningen. Ett radiellt fel på fyra meter uppstår och understiger CEP för Ex-calibur.

Major Lars Göran Rutgerzon

HSU 09 – 10 T

2010-12-16

Vy över hur de tio målen ligger orienterade i förhållande till Opl.

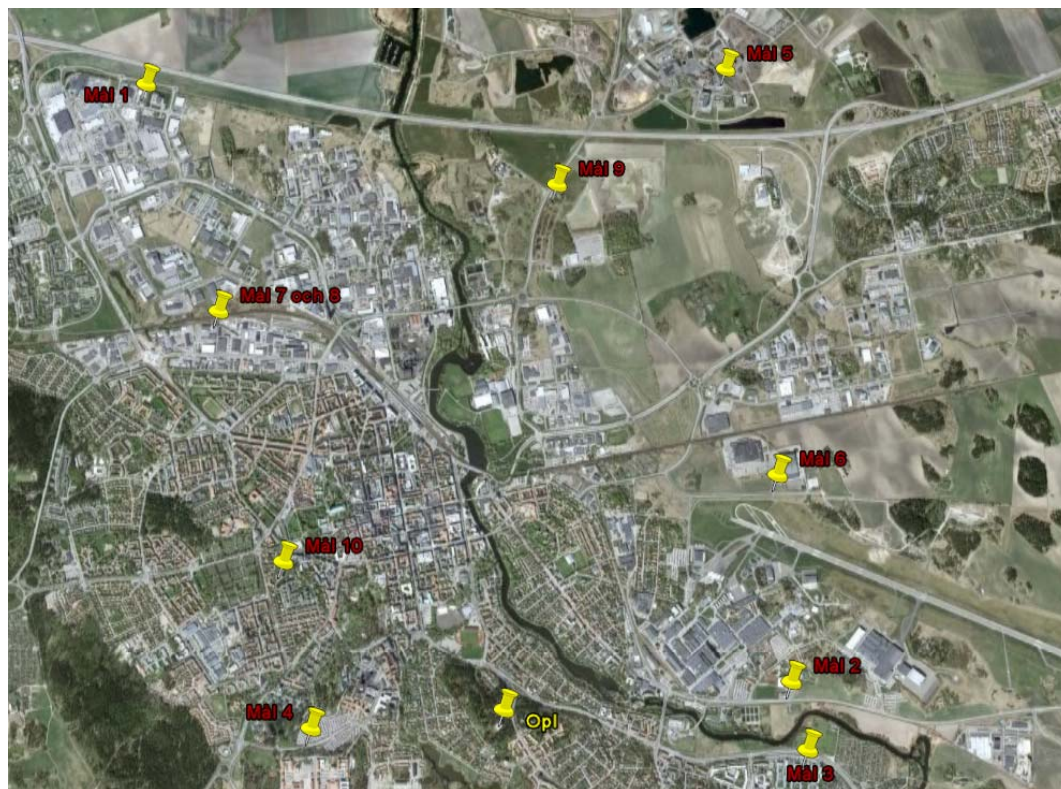


Bild 16 utvisande hur de tio målen ligger i förhållande till Opl⁵⁸

⁵⁸ Bilden kommer från Google Earth