

BENGT JOHANSSON, ROGER MAGNUSSON, DANIEL K JONSSON



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

Bengt Johansson, Roger Magnusson, Daniel K  
Jonsson

# Energilösningar inom Försvarmakten: En diskussion kring värderingsmetoder

Omslagsbild: Håkan Brandt - Försvarets Bildbyrå



Titel	Energilösningar inom Försvarsmakten: En diskussion kring värderingsmetoder
Title	Energy solutions for the Swedish armed forces: A discussion of valuation methods
Rapportnr/Report no	FOI-R--2836--SE
Rapporttyp Report Type	Underlagsrapport
Månad/Month	November
Utgivningsår/Year	2009
Antal sidor/Pages	43 p
ISSN	
Kund/Customer	Försvarsmakten
Kompetenskloss	Säkerhet i sociotekniska system
Extra kompetenskloss	Miljö Beslutsstöd och kunskapshantering
Projektnr/Project no	E 111 08
Godkänd av/Approved by	Göran Kindvall
FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut Avdelningen för Försvarsanalys	FOI, Swedish Defence Research Agency Departement of Defence Analysis
164 90 Stockholm	SE-164 90 Stockholm

## Förord

I föreliggande rapport redovisas en delstudie inom ett forskningsprojekt om energisäkerhet som under 2008-2009 bedrivits vid FOI och finansierats av Försvarmakten (FoT-projekt 11.17). Projektet har syftat till att ge Försvarmakten underlag för den långsiktiga planeringen dels vad gäller hur omvärldsförändringar med bäring på energi påverkar försvar och säkerhet, dels vad gäller energilösningar för Försvarmaktens verksamhet.

Under arbetets gång genomfördes ett arbetsmöte med representanter från Försvarmakten, Försvarets materielverk och Fortifikationsverket där frågor som rör olika energirelaterade beslut inom försvarssektorn diskuterades. Vi vill tacka deltagarna vid detta möte som bidrog med viktigt underlag till denna rapport.

Daniel K. Jonsson

Projektledare

### Publikationer från FoT-projekt Energisäkerhet:

*Energi och säkerhet: framtidsinriktade omvärldsanalyser för Försvarmakten.* Östensson, Jonsson, Magnusson, Dreborg, 2009. FOI-R--2637--SE.

*Energilösningar inom Försvarmakten: en diskussion kring värderingsmetoder.* Johansson, Magnusson, Jonsson, 2009. FOI-R--2836--SE.

*Säkerhetspolitiska aspekter på ökat externt beroende av olja och gas: EU och Kina som exempel.* Atarodi, Hellström, 2009. FOI-R--2837--SE.

*Militära perspektiv på energisäkerhet: exempel på strategier och forskning.* Östensson, 2009. FOI-R--2838--SE

*Energy and Security in Long-Term Defence Planning: Scenario Analysis for the Swedish Armed Forces.* Jonsson, Östensson, Dreborg, Magnusson, 2009. Journal of European Security, special issue on Energy Policy, (dec. 2009).

*Energisäkerhet: syntes och sammanfattning av ett tvåårigt forskningsprojekt för Försvarmakten.* Jonsson (red.), Atarodi, Dreborg, Hellström, Johansson, Larsson, Magnusson, Östensson, 2009. FOI-R--2839--SE.

## Sammanfattning

Energiförsörjningen är en central faktor för många verksamheter i samhället. Detta gäller inte minst inom Försvarmakten där fordon, camper och fasta anläggningar är beroende av en säker energitillförsel. Val av energilösningar sker i många olika situationer och av olika beslutsfattare, vilket riskerar att leda till att olika aspekter (t ex miljö och försörjningstrygghet) inte värderas på samma sätt i olika sammanhang. Ett metodiskt arbetssätt för att systematiskt värdera olika energilösningar kan öka förutsättningarna för att beslut inom organisationen blir konsistenta.

Syftet med denna rapport är att redovisa ett urval metoder som kan stödja Försvarmakten i beslut som rör den framtida energiförsörjningen. Dessa beslut har olika karaktär och tidsperspektiv vilket i sig kan motivera olika angreppssätt. De resurser som står till buds bestämmer också i stor grad vilka angreppssätt som står till buds. Spannet av beslutssituationer sträcker sig från övergripande policy- och strategibeslut till enskilda beslut som kan röra t ex enstaka inköp av standardfordon.

Viktiga delar i en beslutsprocess kan vara i) att identifiera övergripande målsättningar, beslutsfattare och aktörer, ii) att identifiera möjliga lösningar, problem och handlingsalternativ, iii) att identifiera parametrar och kriterier som kan användas för att spegla de övergripande målsättningarna, iv) att bedöma vilka utfall för de olika parametrarna som de olika handlingsalternativen ger upphov till, v) att väga de olika parametrarnas betydelse mot varandra, vi) att genomföra en övergripande värdering och analys, och vii) att genomföra känslighets- och osäkerhetsanalys.

Några lämpliga utgångspunkter vid val av metod och verktyg kan vara att i) välja metoder och verktyg som inte är mer arbetskrävande, kostsamma eller komplicerade än vad som är nödvändigt, ii) välja metod utifrån vad som ska identifieras, beskrivas och bedömas. iii) identifiera de beslut som ska fattas och vilket underlag som krävs för besluten samt välja metod och verktyg utefter detta, iv) välja metod och verktyg efter den detaljeringsgrad som behövs för de

beslut som ska fattas och v) välja metoder och verktyg som är begripliga för beslutsfattare.

Man kan i litteraturen särskilja metoder som huvudsakligen speglar en process och sådana som snarare fokuserar på ett visst verktyg. För vissa verktyg och metoder riktas intresset mot att på ett systematiskt sätt väga ihop olika parametrar för att möjliggöra en rangordning av olika alternativ. För andra metoder ligger i stället fokus på processen att säkerställa att all nödvändig kunskap för beslut finns på plats när beslutsfattaren ska rangordna alternativen.

Det finns skäl att tro att själva processen för värdering av energilösningar är viktig för Försvarmakten. Att involvera en bred uppsättning kompetenser redan i ett tidigt skede är betydelsefullt för att generera olika handlingsalternativ, identifiera viktiga kriterier för att bedöma energilösningarnas egenskaper samt att värdera dessas vikt i olika sammanhang.

För att värdera energilösningar för Försvarmakten torde såväl energisäkerhets-, miljö-, taktiska och kostnadsaspekter vara relevanta. Den vikt som läggs på de olika parametrarna kan förväntas skilja sig åt mellan olika fall, till exempel mellan om systemet huvudsakligen är tänkt att användas i övningsammanhang hemma eller vid skarpa utlandsinsatser.

Scenariometodik kan vara lämplig som en del av analysen eftersom osäkerheterna är stora både med avseende på hur Försvarmaktens verksamhet och uppdrag kommer att se ut och hur olika tekniska lösningar kommer att utvecklas. Även andra former av känslighetsanalyser är att rekommendera för att studera robustheten i gjorda värderingar.

Ett möjligt problem i beslutsfattandet om energilösningar är att många beslut fattas på lägre nivå utan att det finns några försvarsövergripande strategiska beslut, vilket i sin tur riskerar att leda till icke sammanhängande inriktning på valet av energilösningar. Utvecklingen av t ex en klimatstrategi och en fordonsstrategi skulle kunna ge vägledning och ligga till grund för riktlinjer för de många små besluten.

Nyckelord: energi, värderingsmetoder, Försvarmakten

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b>	<b>10</b>
1.1 Vad menar vi med metod? .....	11
1.2 Beslutssituationer .....	13
<b>2 Exempel på metoder för att jämföra olika åtgärdsalternativ</b>	<b>16</b>
2.1 Monetär värdering och kostnads- nyttoanalyser .....	16
2.1.1 Exemplet transportplaneringen .....	17
2.2 Multikriterieanalys.....	18
2.2.1 Analytisk hierarkisk process (AHP) – en variant av multikriterieanalys .....	20
2.3 Positionsanalys .....	20
2.4 Strategisk miljöbedömning .....	22
2.5 Försvarsmaktens riskhanteringsmodell.....	23
2.6 Att hantera osäkerheter.....	24
2.6.1 Känslighetsanalyser .....	24
2.6.2 Omvärldsscenarier .....	25
<b>3 Identifiering av möjliga åtgärder och relevanta jämförelseparametrar</b>	<b>26</b>
3.1 Identifiering av lämpliga mål, åtgärder, lösningar .....	26
3.2 Centrala parametrar för att jämföra olika energilösningar.....	28
3.2.1 Säkerhetsfaktorer .....	29
3.2.2 Taktiska faktorer.....	30
3.2.3 Miljöfaktorer.....	30
3.2.4 Ekonomiska faktorer .....	32
3.2.5 Tillgång på information.....	32
<b>4 Försvarsmaktens verksamheter – en strukturering av egenskaper med avseende på energiförsörjning</b>	<b>34</b>
4.1 Fallet energiförsörjning för fordon .....	36
4.1.1 Karaktäristika för fordonsanvändning .....	36
4.1.2 Beslutssituation .....	37
4.1.3 Alternativ och möjliga konsekvenser.....	37



4.2	Fallet energiförsörjning för camper .....	38
4.2.1	Karaktäristika camper vid insatser .....	38
4.2.2	Beslutssituation .....	39
4.2.3	Alternativ och möjliga konsekvenser .....	39
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Referenser</b>	<b>42</b>



# 1 Inledning

Energiförsörjningen är en central faktor för många verksamheter i samhället. Detta gäller inte minst inom Försvarsmakten där funktionen hos fordon, camper och fasta anläggningar är beroende av en säker energitillförsel. Beroendet av fossila bränslen för fordon och maskiner är idag i princip hundra procentigt inom Försvarsmakten, vilket på sikt kan göra försörjningen sårbar. En säker elförsörjning är en nyckelfaktor både vid insatser och i verksamhet på hemmaplan.

Flera faktorer skapar nya utmaningar för Försvarsmaktens energiförsörjning. Klimatfrågans vikt innebär att samtliga delar av samhället förväntas minska sina utsläpp av växthusgaser, vilket bland annat förutsätter en reducerad användning av fossila bränslen. Under de senaste åren har oljepriserna fluktuerat kraftigt, vilket inte minst påverkat priset på drivmedel. De senaste prognoserna från International Energy Agency (IEA) pekar på att oljepriserna på 10-20 års sikt kan förväntas hamna på en betydligt högre nivå än vad som hittills varit det normala (med undantag av de senaste åren). Koncentrationen av oljeresurser till ett begränsat antal länder, inte minst i mellanöstern, innebär att tillförselsäkerheten kan bli sårbar. Vissa forskare anser dessutom att produktionen av olja inom en snar framtid kommer att nå sin toppnivå på grund av minskande resurser, något som dock inte fått stå oemotsagt av andra forskare. En särskild fråga kopplad till tillgången på petroleumprodukter är hur man ska se på olja producerad från icke-konventionella källor. För dessa finns inte samma fysiska restriktioner som för råolja men utnyttjandet av dem förväntas leda både till högre kostnader och större klimatpåverkan.

Samtidigt pågår utvecklingen av nya lösningar både för mobil och stationär energianvändning. Utvecklingen av mer energieffektiva fordon som utnyttjar både nya drivsystem (t ex elhybrider) och drivmedel (t ex syntetisk diesel) ger möjligheter till att förbättra både miljöprestanda och energisäkerhet. Detsamma gäller för stationära anläggningar där möjligheterna för småskaliga, lokala elsystem förbättras genom utvecklingen av vindkraftssystem, solceller och förbättrade möjligheter att lagra el. Utvecklingen av bränsleceller kan också spela en stor roll både för mobila och stationära applikationer.

Försvarssektorn och den civila sektorn står inför många likartade utmaningar för framtiden både vad gäller miljöaspekter och försörjningstrygghet. Samtidigt möter försvarssektorn utmaningar som normalt inte förekommer inom den civila sektorn. Till exempel är risken att utsättas för antagonistisk verksamhet större. Detta kan förväntas leda till andra värderingar av olika energilösningar än i civila sammanhang.

En annan faktor är att fordon och anläggningar ska fungera i olika och ibland mycket påfrestande miljöer (geografiska, socioekonomiska), vilket ställer hårda

krav på driftssäkerheten. I den civila sektorn kan man med god grund i allmänhet utgå från att det finns fungerande energidistributionssystem både för drivmedel och för elektricitet, vilket inte självklart är fallet vid till exempel militära insatser. De drivmedel som finns tillgängliga på en insatsplats kan också skilja sig betydligt från vad som finns tillgängligt hemma i Sverige. Samarbeten med andra nationer gör också svenska försvaret beroende av vilka energival dessa nationer gör.

Under 2008 genomförde FOI en bred omvärldsanalys för Försvarsmakten om energi och säkerhet.<sup>1</sup> Där behandlades ett brett spektrum av säkerhetsfrågor kopplat till energiförsörjningen. Bland annat beskrevs olika möjliga alternativa drivmedel som skulle kunna användas inom försvarssektorn. Olika lösningar både för stationära ändamål och för fordon diskuterades vid en workshop under 2008 varvid slutsatser drogs om användbarheten för ett antal energilösningar. Där identifierades också ett behov av systematiserade tillvägagångssätt för att värdera energilösningar i en militär kontext. Val av energilösningar sker i många olika situationer och av olika beslutsfattare, vilket riskerar att leda till att olika aspekter (t ex miljö och försörjningstrygghet) inte värderas på samma sätt i olika sammanhang. Ett metodiskt arbetssätt för att systematiskt värdera olika energilösningar kan öka förutsättningarna för att beslut inom organisationen blir konsistenta.

I denna rapport redovisas resultaten av en fortsättning på detta projekt. I detta fortsättningsprojekt behandlas möjliga metoder för att värdera energilösningar. Projektets omfattning är inte sådan att en komplett metod kommer att kunna utvecklas och presenteras. Det är dessutom inte troligt att en och samma metod ska användas för de många olika typer av beslutssituationer som är aktuella för Försvarsmakten, se avsnitt 1.2. I stället kommer ett urval möjliga metoder och verktyg att presenteras, viktiga kriterier för jämförelse av energilösningar att identifieras samt de osäkerheter som måste hanteras diskuteras.

## 1.1 Vad menar vi med metod?

Det är i litteraturen inte självklart vad man ska lägga in i begreppet metod. En distinktion som kan underlätta förståelsen kan vara mellan metod som *process*, och metod som *verktyg*. Metod som process innebär ett ramverk för att underlätta att fatta välgrundade och genomförbara beslut och kan innefatta steg som etablering av beslutskontext, identifiering av möjliga lösningar, förankring inom organisation, men även användning av specifika verktyg. Exempel på sådana verktyg är monetär värdering och de graderings- och värderingsmodeller som används för att väga samman olika faktorer i multikriterieanalyser

---

<sup>1</sup> Östensson m.fl. (2009).

En utgångspunkt i denna studie är att det finns en koppling mellan vald metod och den specifika *beslutssituationen* och att det därför inte finns en standardmetod som kan appliceras. Flera av de diskuterade metoderna har delar gemensamt vilka bedöms som centrala för att kunna skapa ett bra beslutsunderlag. Till exempel är det oavsett vilken beslutssituation man befinner sig i och vilken metod man använder sig av viktigt att identifiera vad beslutet ska syfta till, vilka handlingsalternativ som finns, och vilka parametrar som är av betydelse för en värdering av lösningarna. Oavsett verktyg så är känslighetsanalyser och osäkerhetsanalyser av stor betydelse, se avsnitt 2.6.

Ett exempel på vad en metod skulle kunna innehålla för delar är följande<sup>2</sup>:

- Etablering av beslutskontexten. Vilka övergripande målsättningar finns, vilka är beslutsfattarna och nyckelaktörerna?
- Identifiering av möjliga lösningar, problem och handlingsalternativ.
- Identifiering av parametrar och kriterier som kan användas för att spegla de övergripande målsättningarna och som kan fungera som grund för värdering av de olika alternativen.
- Beskrivning av vilka egenskaper för de olika parametrarna de olika handlingsalternativen ger upphov till. Beskrivningen kan vara både kvalitativ och kvantitativ.
- Vägning av de olika parametrarnas betydelse mot varandra (formell eller informell metod).
- Genomförande av en övergripande värdering och analys.
- Genomförande av känslighetsanalys och osäkerhetsanalys.

Huruvida samtliga dessa steg ska ingå i en metod för värdering beror på beslutssituation, kvaliteten på data, övergripande osäkerheter mm.

Vissa metodredovisningar fokuserar mycket på de olika processerna och det viktigaste i metoden kan då vara i vilken grad metodens delar möjliggör för beslutsfattare och andra aktörer att bidra med målsättningar, faktakunskap och deras subjektiva värderingar. Valet av verktyg eller modell för värdering är då inte huvudpoängen i metoden. Ett typiskt exempel är de strategiska miljöbedömningarna där processen och struktureringen av problemet blir en huvudsak.

I andra metoder spelar processen en stor roll men samtidigt är ett specifikt verktyg knutet till metoddefinitionen. Exempel är olika typer av multikriterieanalyser som utgår från specifika matematiska algoritmer för att skapa ett formaliserat beslutsunderlag. Värderingar och viktningar baseras dock

---

<sup>2</sup> Exemplet är delvis baserat på Department for Communities and Local Government (2009).

huvudsakligen på faktorer som uppkommer under processen och härrör från personer som är aktiva i den.

Det finns också metoder som försöker lyfta bort stora delar av värderingen från beslutsprocessen. Det gäller till exempel samhällsekonomiska kalkyler baserade på monetär värdering, där man försöker utgå från empiriskt skattade samhälleliga värderingar med utgångspunkt i idén att värderingar bäst manifesteras genom marknadstransaktioner.

## 1.2 Beslutssituationer

Det finns inte någon enskild metod eller enskilt verktyg som är lämplig i alla beslutssituationer. Några lämpliga utgångspunkter vid val av metod och verktyg kan vara (baserat på Naturvårdsverket ((2009)):

- i) Välj metoder och verktyg som inte är mer arbetskrävande, kostsamma eller komplicerade än vad som är nödvändigt.
- ii) Välj metod utifrån vad som ska identifieras, beskrivas och bedömas.
- iii) Identifiera de beslut som ska fattas och vilket underlag som krävs för besluten, samt välj metod och verktyg utefter detta.
- iv) Välj metod och verktyg efter den detaljeringsgrad som behövs för de beslut som ska fattas.
- v) Välj metoder och verktyg som är begripliga för beslutsfattare.

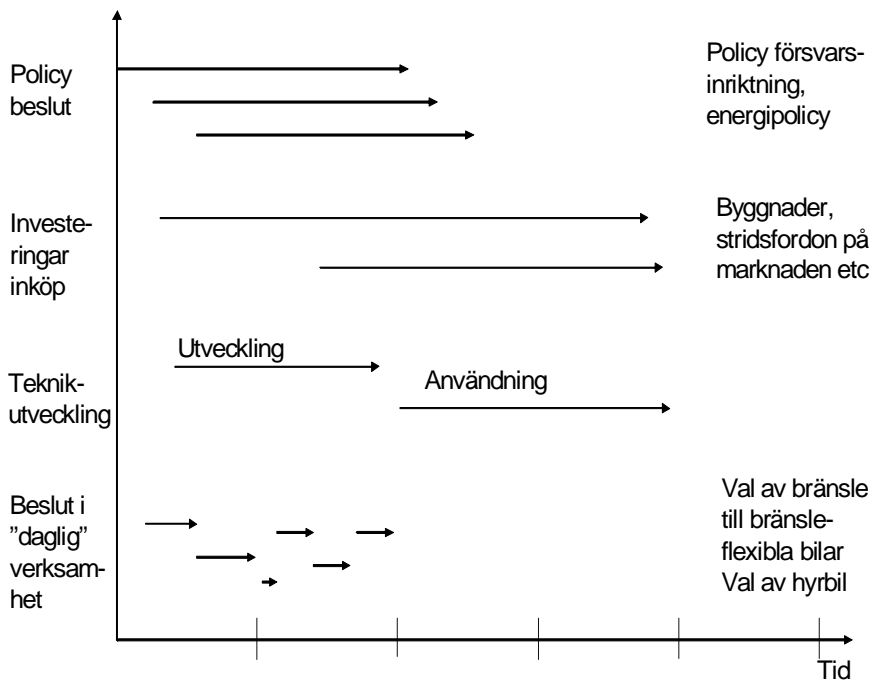
För att det ska vara meningsfullt att utveckla metoder för att värdera energilösningar inom Försvarmakten är det därför viktigt att fundera på i vilka beslutssituationer metoderna ska användas. De resurser som finns tillgängliga för underlagsinsamling, analys och värdering kan förväntas skilja sig mellan olika situationer.

Beslut med betydelse för Försvarmaktens energiförsörjning fattas på flera olika nivåer. Det kan röra strategiska beslut som definierar den långsiktiga principiella inriktningen för hela Försvarmakten. Andra principbeslut kan vara mer avgränsade, t ex en energi- eller klimatstrategi. Strategier kan innehålla principiella inriktningsbeslut kring vilka kriterier som ska ligga till grund för val av energilösningar men också peka ut mer konkreta lösningar.

Dessa policys och strategier kan i sin tur ligga till grund för investeringar i på marknaden existerande tekniska lösningar med betydelse för energiförsörjningen. Sådana investeringar har ofta lång livslängd och det är ofta av stor betydelse att förbättringar inom energiområdet genomförs tillsammans med andra åtgärder. Det gäller att utnyttja det ”möjlighetsutrymme” som uppkommer vid inköp av ny utrustning eller i de inledande faserna i materielutvecklingscykeln.

Effekten av beslut kopplade till initiering av egen utveckling av utrustning har ännu mer långsiktig betydelse då det utöver livslängden på utrustningen också kan åtgå en betydande tidsrymd för produktutvecklingen.

Besluten kan också gälla energiförsörjning av redan befintliga anläggningar och system. I dessa fall är frihetsgraderna i allmänhet mindre men å andra sidan kan beslut få snabbt genomslag i den dagliga verksamheten eftersom det mesta av utrustningen redan finns tillgänglig. Ett exempel på denna typ av beslut skulle kunna gälla en generell övergång till rapsmetylester (RME) i de fordon som används inom landets gränser. Beslut i enskilda fall kan röra vilken typ av bil som ska hyras för en tjänsteresa eller i vilken grad en övning kräver användning av energikonsumerande system. I båda dessa fall kan det vara möjligt att ändra sina beslut med kort varsel när nya erfarenheter och kunskap uppkommer eftersom beslutsfrekvensen är tät samtidigt som effekterna inte behöver vara särskilt långvariga.



Figur 1. Illustration av de skillnader som finns mellan olika typer av beslut med avseende på hur ofta de tas och hur länge besluten har inverkan på energianvändning och energitillförsel.

Värt att notera är att val av energilösningar inte enbart behöver handla om val av energibärare utan också avvägningar mellan energieffektivisering och bränslekonverteringar.

Beroende på vilken typ av beslut som är aktuell kommer kraven på beslutsunderlag av resursskäl att skilja sig åt. Ju mer övergripande och strategisk beslutsnivå desto större krav ställs på brett beslutsunderlag. Detsamma kan gälla vid mer omfattande investeringar i nya system. För mer rutinmässiga vardagsbeslut kommer man snarare att få förhålla sig till den övergripande inriktning som valts, eventuellt med hjälp av checklistor, rutiner etc. Den diskussion kring värderingsmetoder som förs i denna rapport handlar om metoder som kan användas för att göra strategiska val eller vid omfattande investeringar snarare än för användning vid mer rutinartade beslutssituationer.

Det är värt att notera att delar av ansvaret för Försvarsmaktens energiförsörjning faller på andra myndigheter t ex Fortifikationsverket vad gäller stationära anläggningar inom landet och på camper och Försvarets materielverk vad gäller aspekter som rör införskaffande av materiel.<sup>3</sup> Samverkan med dessa myndigheter vad gäller energiförsörjningsfrågor kommer därför att vara av stor betydelse.

Det kan också vara av intresse att fundera på skillnader mellan olika problemkomplex vad gäller energiflödens storlek och olika parametrars betydelse. I ena ändan finner vi nya energilösningar som framför allt är viktiga för att de ska stödja nya funktioner t ex möjliggöra IT-soldatens verksamhet.<sup>4</sup> I det fallet är energiflödena jämförelsevis små men betydelsen av god funktion och transporterbarhet av energin är central. Att hitta lösningar som innebär att den enskilde soldaten på ett smidigt sätt kan transportera nödvändig energi är en viktig del av hela teknikkonceptet men har väldigt små implikationer vad gäller mer övergripande försörjningstrygghetsaspekter och miljö.

I andra ändan finns energiintensiva företeelser som flygverksamhet, stridsfordon, transporter, uppvärmning och centrala elsystem. Där dominerar frågor som rör hur stora mängder energi ska kunna levereras säkert och hur miljöaspekter ska kunna tas tillvara. I denna rapport är det dessa energiintensiva företeelser som hanteras medan de mer teknikintegrerade lösningarna lämpligare kan hanteras i någon allmän teknikvärdering. Metoderna som diskuteras här kan dock troligen till del vara applicerbara även på den typen av beslut.

Vid värdering av olika energilösningar är det överhuvudtaget värdefullt att ha en känsla för olika energiflödens storlek. Hur förhåller sig t ex vid en insats energimängderna som åtgår för transporter till insatsplatsen till de taktiska fordonens energianvändning på plats? Hur förhåller sig i sin tur energiflöden och miljöpåverkan vid insatser till motsvarande flöden vid övningar i Sverige? Idag bedöms sådana översikter till stor del saknas för Försvarssektorn vilket försvårar prioriteringen mellan till exempel miljö- och säkerhetsaspekter.

---

<sup>3</sup> Se t ex FOI (2009).

<sup>4</sup> Se t ex Försvarets materielverk (2004).



## 2 Exempel på metoder för att jämföra olika åtgärdsalternativ

I beskrivningar av metoder för att hantera och jämföra olika handlingsalternativ finns det som tidigare nämnts skäl att göra en distinktion mellan de verktyg som används och de processer inom vilka dessa verktyg används. I vissa fall dominerar verktygen beskrivningarna av metoderna medan det i andra fall är processen som anses vara viktigast för att få fram ett bra beslutsunderlag.

En viktig distinktion är mellan metoder som försöker väga samman alla parametrar till ett specifikt värde och dem som till största delen redovisar olika parametrar var för sig. Båda dessa angreppssätt har för- och nackdelar. En aggregering möjliggör en tydlig rangordning av alternativ, vilket kan förenkla beslutsfattandet. Samtidigt finns en risk att transparensen minskar och att osäkerheter döljs. Vid aggregering är känslighetsanalys särskilt betydelsefull för att de enstaka värdenas betydelse ska kunna tolkas.

I det följande redovisas ett urval metoder som kan användas som stöd för att fatta beslut om olika strategier och åtgärder. Urvalet är inte på något sätt fullständigt men är tänkt att ge en övergripande bild över den bredd av olika möjliga angreppssätt som finns. Urvalet är medvetet gjort för att kontrastera principiellt olika angreppssätt mot varandra snarare än att fördjupa sig i varianter av någon viss typ av metod. Beskrivningen kan förhoppningsvis fungera som inspiration för arbetet med att ta fram metoder för att värdera energilösningar för Försvarsmakten.

### 2.1 Monetär värdering och kostnadsnyttanalyser

Ett relativt vanligt angreppssätt är att monetärt värdera nyttor och kostnader som följer av olika handlingsalternativ och sedan rangordna alternativen utifrån denna monetära värdering.<sup>5</sup> En förutsättning för att detta angreppssätt ska vara fruktbart är att det är möjligt att skatta sådana värden för samtliga viktiga parametrar.

Skattningarna kan göras på flera olika sätt. Ett direkt sätt är genom värderingar som manifesterar sig i marknadspriser på jämförbara tillgångar. Om sådana inte finns kan man indirekt skatta sådana priser från verkligt beteende (s.k. revealed preference-metoder). För att värdera buller kan man till exempel utgå från hur fastighetsvärden relaterar till olika bullernivåer.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Det alternativ för vilket differensen nytta - kostnad är störst rangordnas högst.

<sup>6</sup> Se t ex SIKA (1999).

I många fall är dessa metoder inte tillräckliga utan man utgår i stället från olika betalningsvillighetsstudier där man försöker ta reda på vilken betalningsvilja (WTP=Willingness to pay) som finns för att uppnå en viss effekt eller hur mycket kompensation som krävs för att man ska acceptera en föreslagen förändring (WTA= willingness to accept). En fördel med metoder som baserar sig på betalningsvillighetsstudier är att värden som inte manifesterar sig i marknadstransaktioner, till exempel existensvärden,<sup>7</sup> kan inkluderas i värderingen.

Ovan nämnda metoder utgår från individens värdering, antingen på en marknad eller i svaret på en fråga inom en betalningsvillighetsstudie. I vissa fall används metoder där utgångspunkt tas i gemensamma politiska beslut. Ett exempel är när man försöker bedöma en kostnad för koldioxidutsläpp genom att utgå från politiskt uppsatta mål för minskning av utsläppen av koldioxid. Utifrån detta mål beräknas det pris på koldioxid som, om samtliga utsläpp belades med detta pris, skulle leda till att utsläppen minskar till den önskade nivån. Ett annat angreppssätt som också utgår från politiska beslut är att utgå från skattenivåer som har beslutats i politiska församlingar. I båda dessa fall är det alltså inte summan av de individuella ekonomiska värderingarna som skattas, utan en värdering som är framtagen genom en politisk process.

Det finns naturligtvis stora svårigheter att värdera vissa effekter monetärt. Inom miljöområdet finns fortfarande stora osäkerheter kring sambanden utsläpp-effekt-ekonomisk värdering. Det gäller inte minst hur kostnaden för en framtida klimatförändring ska kunna relateras till ett visst utsläpp idag. Stora osäkerheter finns både inom klimatmodellerings- och effektmodelleringsområdet. Till betalningsvillighetsstudier finns flera osäkerheter kopplade, till exempel kring hur svar i denna typ av studier relaterar till verkligt beteende (hypotetisk bias)<sup>8</sup> och i vilken grad resultaten påverkas av hur och i vilken form frågorna ställs.<sup>9</sup>

Liksom för samtliga metoder som redovisas i denna rapport är valet av de åtgärder/handlingsalternativ som ska jämföras av stor betydelse för att metoden ska skapa ett relevant beslutsunderlag. Inte minst på grund av den höga aggregationsgraden för resultaten är osäkerhetsanalyser av särskilt stor betydelse.

### 2.1.1 Exemplet transportplaneringen

Metoder för monetär värdering har i svensk förvaltning fått en stor betydelse bland annat inom transportsektorns infrastrukturplanering. Tanken är att stora investeringar ska kunna rangordnas och prioriteras efter lönsamhetstalen för

<sup>7</sup> Värden som inte utgår från individens direkta nytta, se t ex Carson (2000).

<sup>8</sup> Till exempel genom strategiskt beteende eller att hypotetiska pengar inte uppfattas ha samma värde som verkliga.

<sup>9</sup> Se t ex Carson m.fl. (2001) och Schläpfer (2008).

projekten (Utgångspunkten är att det finns en begränsad mängd resurser som kan satsas på infrastrukturinvesteringar). Kalkylvärden har tagits fram i samarbete mellan ett antal myndigheter i den så kallade ASEK-gruppen.<sup>10</sup>

Utgångsperspektivet i arbetet med ASEK är att man genom samhällsekonomiska kalkyler ska kunna skapa ett beslutsunderlag med ambitionen att ge en helhetsbild av den stora mängd effekter som en åtgärd inom transportsektorn ger upphov till. Det helhetsperspektiv som ligger inbyggt i själva ansatsen innebär att man försöker beakta och likabehandla alla relevanta effekter.<sup>11</sup>

I kalkylerna ingår utöver direkta kostnader för investeringarna även värderingar av olyckor, luftföroreningar, buller, tid och kvalitet. För vissa effekter, till exempel intrångseffekter, finns idag inga värderingar. För vissa utsläppsparametrar t ex flyktiga organiska ämnen (VOC) anges värderingen aggregerat vilket gör att de inte återger de skillnader som kan finnas i toxicitet mellan olika kolväten. Detta kan ha betydelse t ex när man jämför olika drivmedel.<sup>12</sup>

De metoder som används för värdering av de olika parametrarna skiljer sig åt och inkluderar resultat från betalningsvillighetsstudier, hedoniska prisstudier<sup>13</sup>, nivåer på miljöavgifter, skuggpriser för utsläpp relaterade till miljömål, och värdet av arbetstidsförluster.

## 2.2 Multikriterieanalys

Det finns flera alternativa metoder till de rent monetära, vilka kan användas för att väga samman olika parametrar för att möjliggöra en mer övergripande värdering av åtgärder. Ett flertal varianter av dessa inkluderas i begreppet multikriterieanalys. I detta avsnitt om multikriterieanalys (MCA) utgås huvudsakligen från den metod som rekommenderas bland annat för beslutsfattande inom statsförvaltningen i Storbritannien (Department for Communities and Local Government, 2009).<sup>14</sup> Den grundar sig på en linjär additiv modell där värdet för en parameter multipliceras med den vikt som man sätter på denna parameter.

<sup>10</sup> ASEK står för Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyler och består av representanter för trafikverken, Naturvårdsverket, Vinnova och SIKA.

<sup>11</sup> SIKA (1999).

<sup>12</sup> Ett exempel där man trots det försökt integrera en monetär värdering av luftföroreningar i en jämförelse mellan olika drivmedel återfinns i Johansson (1999).

<sup>13</sup> I hedoniska prisstudier bryter man ner den produkt/ vara man studerar i sina beståndsdelar och försöker bestämma värdet för var och en av dem. Ett vanligt område är vid fastighetsvärdering där man kan försöka separera faktorer som utsikt, närhet till kommunikationer, buller etc.

<sup>14</sup> I rapporten från Department for Communities and Local Government redovisas ett flertal alternativa metoder bl a den analytiska hierarkiska processen (AHP) som är en mycket spridd variant av multikriterieanalys.

Multikriterieanalys etablerar preferenser mellan åtgärder och handlingsalternativ i förhållande till en specifik uppsättning av mål som beslutsfattarna har identifierat. Relaterat till dessa mål etableras mätbara kriterier/parametrar som kan användas för att bedöma i vilken grad målet har uppnåtts.

Ett allmänt verktyg för att beskriva konsekvenser inom MCA är konsekvenstabellen i vilken varje rad beskriver en åtgärd eller ett handlingsalternativ och varje kolumn beskriver utfallet för en specifik parameter för åtgärden eller lösningen. Dessa värden kan vara numeriska eller i annan form.

Ett första steg kan vara att redovisa utfallen för de olika parametrarna i en jämförbar skala. Det är vanligt<sup>15</sup> att ge dem ett värde på 1-100. Värderingen kan utgå från ett "lokalt" perspektiv där man ansätter värdet 1 för det parametervärde som sämst bidrar till att en målsättning nås och 100 för det parametervärde som bäst bidrar till att målet nås. Man kan alternativt utgå från ett mer generellt perspektiv där 1 är den sämsta tänkbara nivån medan 100 är den bästa tänkbara nivån. Fördelen med ett generellt perspektiv är att det är lättare att införa nya alternativ i bedömningen, eftersom man även kan hantera fall där parametern ligger utanför det intervall inom vilket tidigare studerade alternativ befinner sig. Nackdelen är att man i analysen måste lägga tid på bedömningar av vilka utfall som är möjliga.<sup>16</sup>

Nästa steg kan vara att väga de olika parametrarna mot varandra. Detta kan göras genom att sätta olika vikter på parametrarna. Dessa vikter bör både illustrera *hur viktig* man anser att parametern är och hur *stor skillnad* det är mellan alternativen för en parameter.<sup>17</sup> Genom att kombinera utfallen för de olika parametrarna med vikterna erhålles en övergripande värdering av de olika alternativen vilket möjliggör en rangordning av desamma.

Värt att notera är att monetär värdering kan användas för många av de kriterier som analyseras i en multikriterieanalys. Det gäller inte minst för kostnadsvärdering av olika alternativ. Däremot kan multikriterieanalysen inte svara på frågan om en lösning är samhällsekonomiskt lönsam<sup>18</sup>, vilket i teorin skulle vara möjligt med den monetära värderingen ovan i det fall samtliga viktiga parametrar skulle kunna värderas ekonomiskt.

En viktig utgångspunkt för denna modell är att den, liksom den monetära värderingen, är kompensatorisk, dvs. ett bra resultat på en parameter kan kompensera för ett sämre utfall för en annan parameter. I viss mån kan kompenseringfunktionen begränsas genom den vikt som läggs på respektive parameter. En stor skillnad mot den monetära värderingen är den betydelse den

<sup>15</sup> Department for Communities and Local Government (2009).

<sup>16</sup> Department for Communities and Local Government (2009).

<sup>17</sup> Den senare punkten är viktig om man utgår från ett lokalt perspektiv. Om skillnaden är liten kan i det fallet skillnaden mellan 1 och 100 vara liten i absoluta tal och då vara av liten betydelse.

<sup>18</sup> Kågebro och Vredin Johansson (2008).

grupp som bestämmer viktning av olika parametrar kommer att ha för resultatet. Denna effekt försöker man inom den monetära värderingen i största möjliga mån undvika genom att basera viktningen på ”verkliga” värderingar hos marknadsaktörer eller politiker.

### 2.2.1 Analytisk hierarkisk process (AHP) – en variant av multikriterieanalys

Den analytiska hierarkiska processen (AHP) är en av de mest spridda metoderna för multikriterieanalys. I denna metod sker först en jämförelse av vikten av olika parametrar parvis vilket bestämmer vilken vikt de ska få i en slutlig sammanvägning. Därefter jämförs de olika alternativen med varandra parvis för varje enskild parameter. Resultatet blir en ranking av alternativen: det högst rankade alternativet är det som bäst uppfyller kriterierna.<sup>19</sup>

Förespråkarna för denna metod menar bland annat att de inblandade har lättare att göra parvisa bedömningar mellan alternativ än att göra absoluta bedömningar.<sup>20</sup> Det finns samtidigt ett stort antal invändningar mot metoden, inte minst vad gäller dess förmåga att ge konsistenta resultat.<sup>21</sup>

## 2.3 Positionsanalys

Positionsanalys<sup>22</sup> är en metod som tar sin teoretiska inspiration från företagsekonomi, sociologi, socialpsykologi och systemteori.<sup>23</sup> Metoden kontrasteras ofta mot kostnads-nyttoanalysen. Där kostnads-nyttoanalysen försöker aggregera olika faktorer i ett mått, det monetära, utgår positionsanalysen från ett disaggregerat angreppssätt där ingen sådan sammanvägning görs. I stället ses det som ett egenvärde att hålla isär monetära och icke-monetära skeenden. Stor fokus läggs också på beslutens transparens och att i analysen utgå från olika intressenters värderingar och prioriteringar.

Många av delarna i positionsanalysen, se nedanstående tabell, är sådana som ingår eller kan ingå i de metodiker som tidigare beskrivits. Det som urskiljer positionsanalysen är, förutom ovljan att aggregera olika effekter

---

<sup>19</sup> Johansson m fl. (2007).

<sup>20</sup> Se t ex Socratia AB [www.socratia.se/9.html](http://www.socratia.se/9.html)

<sup>21</sup> Department for Communities and Local Government (2009).

<sup>22</sup> Positionsanalysen har fått sitt namn från en av dess egenskaper, nämligen den vikt som läggs vid att separera flöden och positioner. Inom det monetära området innebär denna separation till exempel att man ska skilja på ekonomins storlek mått som BNP (flöde, mått i kronor/år) från kapitalstockens storlek (position, mått i kronor). Inom det icke-monetära området kan skillnaden illustreras av nedfall av försurande ämnen (flöde) och ett vattendrags pH som ett mått på dess försurning (position).

<sup>23</sup> Brorsson (1995).

(effektdimensionen kan vara av monetär, ekologisk eller social karaktär), det fokus som läggs på att identifiera aktörers olika roller och intressen. Alternativen värderas från de olika aktörernas intressen och mål i stället för att försöka ta fram en gemensam målbild. Denna aspekt har stor betydelse inte minst i de moment som innebär beskrivning av utredningssituationen, aktivitets- och målanalys och värdeanalys. I aktivitets- och målanalysen analyseras i vilken grad skilda handlingsalternativ uppfyller olika människors mål. Värdeanalysen innebär att man prövar hur förenligt ett visst handlingsalternativ är med olika ideologiska (värderingsmässiga) profiler.

En annan intressant faktor är att man som en särskild och viktig punkt analyserar i vilken grad olika handlingsalternativ är svårvändbara eller irreversibla. Orsaken till detta är att sådana alternativ på ett positivt eller negativt sätt påverkar den framtida handlingsfriheten.

Angreppssättet att undvika aggregering av faktorer skiljer metoden från den variant av multikriterieanalys som redovisats i avsnittet ovan men vissa likheter finns, bl a genom att man accepterar icke monetära faktorer parallellt med monetära faktorer. Vid analys av olika effekter används också liksom i multikriterieanalysen en form av beslutsmatrix.

Tabell 1. Arbetsgång för fullständig positionsanalys. Baserad på Brorsson (1995).

<b>Process</b>	<b>Produkt</b>
Beskrivning av utredningssituationen	
Problemidentifiering	
	Handlingsalternativ
Problemformulering	
Systemstrukturering	
Effektanalys	
Identifiering av irreversibla effekter	
Aktivitets- och målanalys (Intresseanalys)	
Osäkerhets- och riskanalys	
Värdeanalys <sup>24</sup>	
	Beslutsunderlag
Beslutsfattande	

<sup>24</sup> Med värdeanalys avses att man försöker väga handlingsalternativens effektprofiler med alternativa ideologiska (värderingsmässiga) profiler.

## 2.4 Strategisk miljöbedömning

Strategisk miljöbedömning (SMB) är ett beslutsstöd som syftar till att på ett strukturerat och metodiskt sätt genomföra och integrera de miljömässiga avvägningarna i beslut av strategisk natur (t ex policies, planer, program). Den ska vara en systematisk och omfattande analytisk och konsultativ process med utvärdering av miljöaspekter av planen och dess alternativ.<sup>25</sup> Värt att notera är att vikt läggs på den konsultativa delen av miljöbedömningen d.v.s. processen i sig har ett egenvärde. En viktig del av miljöbedömningen kan vara att svara för öppenhet inför beslut, vilket kan öppna upp för dialoger mellan olika parter.

En SMB kan innehålla följande delar.

- Kartläggning av frågan
- Avgränsningar
- Samråd
- Alternativ
- Analys
- Värdering
- Osäkerhet
- Dokumentation
- Uppföljning

SMB är ett typiskt exempel på *metod som process* där det inte finns några krav på att något specifikt verktyg ska användas för att metoden ska definieras som SMB. Däremot kan man i specifika fall föreslå olika angreppssätt vad gäller till exempel värdering av effekter.<sup>26</sup> Både aggregerade och disaggregerade metoder är möjliga.<sup>27</sup> Naturvårdsverket (2009) har i sin handbok med allmänna råd om miljöbedömning av planer och program identifierat ett stort antal möjliga metoder och verktyg för identifiering, beskrivning och bedömning. Dessa varierar i komplexitet och kan användas för olika moment i processen.<sup>28</sup>

Liksom för positionsanalysen läggs stor vikt vid olika aktörers insikter och åsikter och dessa är tänkta att tas in i processen via den samrådsprocess som är

---

<sup>25</sup> Nilsson m.fl. (2001).

<sup>26</sup> I t ex Nilsson m.fl. (2001) föreslogs att miljövärderingen skulle utgå från värdering av effekter med hjälp av skuggpriser och regionala eller nationella miljömål.

<sup>27</sup> Se t ex Johansson m.fl. (2004).

<sup>28</sup> Till exempel checklistor, redovisningsmatriser, trendanalyser, expertbedömningar, scenarioteknik, kostnads-nyttoanalyser, multikriterieanalyser och riskanalyser.

en central del av SMB:n. Av stor betydelse är också att relevanta alternativ för bedömningen identifieras.

## 2.5 Försvarsmaktens riskhanteringsmodell

Även om riskhanteringsfrågor skiljer sig från den typ av beslutssituationer som behandlas i denna rapport kan det finnas en del likheter metodmässigt mellan de olika riskanalysmodeller som finns<sup>29</sup> och de metoder som används för att värdera olika handlingsalternativ.

Försvarsmaktens riskhanteringsmodell togs fram mot bakgrund av att en intern utredning inom Försvarsmakten, i samband med två dödsfall i Afghanistan, visade på att olika hot- och riskbedömningar hade gjorts av olika funktioner och nivåer i organisationen, vilket i sin tur kan ha lett till att felaktiga beslut hade tagits någonstans i beslutskedjan (Palm, 2008). Syftet med riskhanteringsmodellen är att fungera som stöd vid analys och hantering av risker genom att:

- Ge chefer ett adekvat underlag för beslutsfattande.
- Underlätta samarbete mellan funktioner och nivåer.
- Säkerställa spårbarhet och transparens.

Modellen består av fem steg:

- Steg 1 – Fastställ grundvärden. Här bestäms vilken tidsperiod och vilket område riskhanteringen ska omfatta och vad som är skyddsvärt.
- Steg 2 – Bedöm hotet. De fastställda hoten bedöms utifrån intention, kapacitet och tillfälle. Hotnivån bedöms enligt en femgradig skala.
- Steg 3 – Bedöm sårbarheten. Denna del innebär en värdering av den egna organisationen i förhållande till de aktuella hoten. Sårbarheten bedöms enligt en femgradig skala.
- Steg 4 – Bedöm risken. I riskbedömningen bedöms dels sannolikheten för att ett hot inträffar, dels vilken konsekvens hotet skulle få. Båda dessa faktorer bedöms på en tiogradig skala.
- Steg 5 – Hantera risken. Här bedöms om risken är acceptabel och om så inte är fallet, ska beslut om skyddsåtgärder tas. Förslag på åtgärder måste dock "testas" i riskhanteringsmodellen för att säkerställa att åtgärderna inte leder till nya högre risker.

---

<sup>29</sup> Se t e x Räddningsverket (2003) för en beskrivning.



För arbetet har ett verktyg tagits fram i form av en stor excel-matris där samtliga bedömningar förs in. Genom att fylla i matrisen får man en god översikt på hela riskbedömningen.

Även om beslutssituationen i riskanalysen skiljer sig från hur ett val mellan olika energilösningar kan gå till, kan det strukturerade arbetssättet inklusive excel-verktyget som används som grund för beslutsfattande fungera som inspiration till arbetet med att värdera energilösningar.

## 2.6 Att hantera osäkerheter

Oavsett val av metod ovan så kommer man att behöva förhålla sig till de osäkerheter som finns. För att få ett användbart beslutsunderlag torde någon form av osäkerhetsanalys vara nödvändig.

Inom energiområdet kan osäkerheterna röra sig om framtida energipriser, teknikutveckling, policy, miljöpåverkan etc. Osäkerheten vad gäller framtida energipriser är mycket stor. En tydlig bild av detta får man om man studerar IEA:s World Energy Outlook 2007 och 2008 mellan vilka skattningarna av världsmarknadspriserna på olja 2030 skiljer sig åt med en faktor 2. Osäkerheter kring utvecklingen av framtida fordonsteknik kan vara avgörande för om man ska genomföra en nyinvestering idag eller avvakta tills den nya tekniken finns på marknaden. Hur kostnadsbilden för produktion av alternativa drivmedel kommer att se ut om ett tiotal år är fundamentalt osäkert.

En annan faktor som kan påverka val av energilösningar är hur länge man tror att en investering är möjlig att utnyttja. Det kan inom industrin till exempel finnas en osäkerhet hur länge en maskin kan svara upp till efterfrågan i en viss bransch. En stor osäkerhet kan motivera kort återbetalningstid, vilket minskar lönsamheten hos en energiinvestering. Inom försvarssektorn kan det på motsvarande sätt kopplas till osäkerheter kring hur länge en anläggning kan förväntas vara i drift eller hur lång tid ett fordon kan bedömas vara tillräckligt modernt för att kunna utnyttjas.

Osäkerheter kan hanteras på ett antal olika sätt för att ge en tydlig bild av hur känsligt ett val av lösning är för förändringar av olika parametrar.

### 2.6.1 Känslighetsanalyser

En vanlig metod är att genomföra känslighetsanalyser där enskilda eller kombinationer av parametrar varieras och effekterna på utfallet studeras. Variationen kan till exempel röra investeringskostnader, energipriser, energieffektivitet eller emissionsfaktorer.

Känslighetsanalysen skulle också kunna röra de viktningsparametrar som används inom multikriterieanalysen eller de monetära värderingar som används inom kostnads-nyttoanalyserna.

## 2.6.2 Omvärldsscenarier

En bredare osäkerhetsanalys kan göras genom att utveckla olika omvärldsscenarier och studera vallsituationen inom ramarna för dessa. I scenarierna kan ett flertal olika omvärldsfaktorer varieras. Olika strategiers och lösningars lämplighet i den definierade scenarioutvecklingen analyseras. Det kan vara ett sätt att analysera hur robusta och adaptiva de olika lösningarna man väljer emellan är.

Exempel på scenarioarbete med försvarsanknytning återfinns till exempel i Axelson m.fl. (2005) där strategier för försvarsindustrins utveckling analyseras under ett antal omvärldsscenarier. Användbarheten av scenarier i övergripande försvarsplanering diskuteras bl.a. i Nordlund m.fl. (2006). Där noterar man att Försvarsdepartementet och Försvarsberedningen inte lämnar några omvärldsscenarier för försvarsplaneringen även om sådana enligt författarna skulle kunna vara ändamålsenliga. Carlsen och Dreborg (2008) visar på den betydelse socioekonomiska scenarier kan spela för att identifiera strategier för anpassning till ett förändrat klimat. Man identifierar i det sammanhanget 13 omvärldsfaktorer av betydelse för klimatanpassningsarbetet.

Exempel på vad scenarier relevanta för vår beslutssituation skulle kunna behandla är framtida klimatförändringar, framtida klimat-, miljö och energipolitik, tillgången på olja, övergripande ekonomisk utveckling, försvarsindustrins utveckling, inriktningen på försvarspolitiken, mm. Exempelvis skulle ett nytt säkerhetspolitiskt läge kunna innebära både nya hot och nya uppgifter för Försvarsmakten, vilket i sin tur ställer nya krav på utrustning, logistik etc.

Scenarier och känslighetsanalyser utesluter inte varandra utan kan vara metoder som fungerar för att hantera olika typer av osäkerheter. Medan känslighetsanalysen fungerar bäst för kvantitativa effekter med direkt betydelse för den studerade tekniska lösningens ”prestanda” i vid mening, kan scenarier bättre användas för att analysera hur de olika lösningarna kan passa in i en mer övergripande utveckling av energisystemet eller samhället i stort.

## 3 Identifiering av möjliga åtgärder och relevanta jämförelseparametrar

En beslutsprocess består som ovan nämnts av ett flertal steg, t ex identifiering av mål, alternativ och jämförelseparametrar. I det följande diskuteras några av dessa steg med utgångspunkt i sammanhanget att välja energilösningar inom försvarsområdet.

### 3.1 Identifiering av lämpliga mål, åtgärder, lösningar

Beroende på beslutssituation kan metoden för att definiera mål se olika ut. För en organisation är det naturligt att identifiera målen för ett område utifrån organisationens övergripande uppgifter och verksamhetsidé. Det skiljer sig från samhällsekonomiska kalkyler där utgångspunkten i stället är att det är summan av alla individers värderingar som bör vara styrande. Det blir därmed deras implicita målsättningar som blir styrande. Med det senare perspektivet är definitionen av målsättningar inte kopplat till beslutsprocessen.<sup>30</sup>

Ett tredje perspektiv på målbild kommer till uttryck i positionsanalysen där det viktiga är att artikulera och kontrastera olika intressenters mål för att i beslutssituationen kunna väga deras krav och önskemål mot varandra.

När energilösningar för Försvarsmakten ska väljas finns många faktorer som det ska tas hänsyn till. Huvudmålsättningen som inte går att kompromissa bort torde vara att en lösning ska vara sådan att man kan genomföra sina huvuduppgifter. Försörjningstrygghet kommer därför att vara en nyckelfaktor. Miljöfaktorn kommer i de flesta fall att vara av mindre betydelse för det direkta genomförandet av uppdraget. Dock lyder verksamheten under svensk lagstiftning som ska följas både inom och utom landet. Dessutom kan minimering av miljöpåverkan ge goodwill och en högre acceptans för verksamheten. På detta sätt kan minskad miljöpåverkan underlätta genomförandet av huvuduppgifterna.

Säkerhetsaspekten kan vara en särskilt känslig fråga. Det kan bedömas vara av hög prioritet att inte nya energilösningar ska öka riskerna för försvarets personal. En möjlig utgångspunkt skulle kunna vara att värdering av personskador och dödsfall relateras till motsvarande värderingar i andra statliga sammanhang, till exempel vid infrastrukturinvesteringar. Det är dock inte självklart att Försvarsmakten utgår från samma värdering. Till exempel skulle negativ publicitet vid olyckor och dödsfall kunna leda till att stödet för en operation dras

---

<sup>30</sup> I infrastruktursammanhang är frågeställningen som besvaras med kostnads-nyttanalys i stället hur man använder avsatta resurser på det samhällsekonomiskt mest fördelaktiga sättet.

undan. Det har också visat sig finnas en skillnad mellan vad samhället är berett att betala för att rädda livet på en identifierad person i fara och vad det spenderar för att minska antalet framtida dödsolyckor.<sup>31</sup> En viktig frågeställning är om dessa aspekter kommer att dominera så att de helt slår ut till exempel miljöaspekter även om det finns samhällsekonomiska skäl att göra en annan sammanvägning.

Identifiering av lämpliga handlingsalternativ är en nyckelfaktor för att skapa ett lämpligt beslutsunderlag. Det är också en beslutsnärlig känslig del av processen eftersom val av alternativ ofta kan påverka de slutsatser som kommer att dras. En avvägning måste också göras mellan hur brett och heltäckande beslutsunderlag som önskas och vilken resursåtgång man är beredd att acceptera för att ta fram underlaget.

I alternativgenereringen är det viktigt att involvera ett stort antal intressenter med olika prioriteringar för att säkerställa att de mest intressanta alternativen kan lyftas fram. Bredden på involvering kan också vara av betydelse för att man ska kunna ta bort alternativ som av olika skäl i ett tidigt skede kan bedömas ha så stora negativa egenskaper att de inte är realistiska.

Det är ofta vanligt att intressenter redan från början har ett önskat alternativ. Det finns då en risk att de andra alternativ som väljs ut för analys är sådana som man vet har så negativa egenskaper att de inte kan konkurrera med det i förväg prioriterade alternativet.

För en analys av Försvarmaktens energiförsörjning är det rimligt att tro att de huvudsakliga intressenterna för att identifiera mål finns inom försvarssektorn. De övergripande målen för verksamheten styrs av myndighetsförfordningar, myndighetsinstruktioner, regleringsbrev etc. Försvarssektorn förväntas också utöver de direkta verksamhetsmålen bidra till uppfyllandet av olika miljömål genom sitt sektorsansvar. Uppfattningen om hur olika mål ska prioriteras mot varandra kan tänkas skilja sig mellan olika delar av Försvarmakten och försvarssektorn och olika aktiviteter (övningar, insatser etc.).

För att generera och eliminera handlingsalternativ kan det finnas stort värde att utöver att utnyttja den breda kompetens som finns inom försvarssektorn även ta in kunskap från den civila sektorn. Många av de lösningar som är aktuella för försvarssektorn är i en eller annan form aktuella även för civila ändamål, även om värderingen av desamma kan skilja sig åt på grund av skillnader i användningsområden.

---

<sup>31</sup> Palm (2008).

## 3.2 Centrala parametrar för att jämföra olika energilösningar

För att göra djuplodande jämförelser av olika framtida energilösningar behövs information om ett stort antal parametrar. Betydelsen av de olika parametrarna kan förväntas skilja sig åt beroende på vilka system som studeras och i vilka sammanhang (övning/utbildning/insats) som systemen ska används.

Tabell 2 är en principskiss av hur en jämförelsematris kan se ut. Antalet kolumner och rader kan förväntas vara betydligt större i ett verkligt fall (Men den kan också vara mindre i de fall man inte har resurser för en detaljerad analys). Kolumner som rör lokala miljöeffekter kan t ex delas upp i flera undergrupper såsom bullerstörningar och luftföroreningar, olika typer av luftföroreningar, eller utifrån den inverkan som luftföroreningar kan ha (luftvägsinfektioner, ökad cancerfrekvens etc.). På samma sätt kan de olika kolumnerna under säkerhet göras mer detaljrika om så önskas.

I det följande diskuteras mer specifikt vilka typer av parametrar som kan vara användbara för att jämföra energilösningar. En särskild diskussion förs kring förutsättningarna att erhålla information om de olika parametrarna. En intressant fråga är hur man ska förhålla sig till bedömningar av framtida teknik. Hur kommer nya tekniska lösningar att påverka säkerhets- och miljöparametrarna? Hur kommer kostnaden för framtida kommersialiserad teknik att förhålla sig till de kostnader som skattas för dagens lösningar?

Tabell 2. Jämförelsematrix för olika energilösningar inom försvarssektorn.

	Säkerhet			Taktik	Miljö			Ekonomi
	Teknisk säkerhet (safety)	Tillförlitlig produktion, distribution	Tillförselsäkerhet Security of supply	Mobilitet	Globalt (t ex klimat och ozonskikt)	Regionalt (t ex försurning, övergödning)	Lokalt (t ex luftkvalitet)	Kostnader
<i>Fordon</i>								
Drivmedel A								
Drivmedel B								
Drivmedel X								
<i>Stationära anläggningar Sverige</i>								
Uppvärmningssystem A								
Uppvärmningssystem B								
Uppvärmningssystem X								
<i>Camper vid insats</i>								
Energiförsörjningssystem A								
Energiförsörjningssystem B								
Energiförsörjningssystem X								

### 3.2.1 Säkerhetsfaktorer

Begreppet energisäkerhet innehåller som bland annat diskuteras i Östenson m.fl. (2009) många olika typer av faktorer med relevans för utvärdering av energiförsörjningssystem.

Den tekniska säkerheten innebär bland annat skydd av personal, byggnader och den lokala miljön och kan vara kopplade till energilösningarnas explosivitet, brandbenägenhet, bränslets giftighet etc. Dessa frågor är viktiga i civila sammanhang men i ännu större grad i militära sammanhang. Där är risken för antagonistiska hot större, vilket kan göra att riskerna för negativa effekter t ex av ett bränsles högre explosivitet blir mer betydelsefulla.

En annan energisäkerhetsfaktor kan vara tillgången på lämpliga energibärare. Denna faktor torde bero på var energibäraren ska användas, vilka distributionssystem som finns tillgängliga på den aktuella platsen och den

säkerhetspolitiska situationen. I detta sammanhang blir flexibiliteten hos systemen viktig, d.v.s. i vilken grad flera olika energibärare och råvarubaser kan utnyttjas i ett system. En ökning av tillförlitligheten kan också ske om systemet kan ha flera funktioner. Ett exempel är fordonstekniska lösningar som gör att dessa även kan fungera som möjliga eltilförselresurser. För detta finns lång tradition där elverk kopplats till dieseldrivna fordon, men även framtida lösningar som bränsleceller och i viss mån elfordons batterier skulle i princip kunna fungera som buffert för otillförlitlig eltilförsel.<sup>32</sup> För denna faktor är hög energieffektivitet dessutom av stor betydelse. Hög energieffektivitet innebär mindre behov av transporter av energibärare och därmed behöver mindre resurser avsättas för att säkerställa energileveranser (se t ex Umstätt, 2009)

Kopplat till energitillgången är de problem dygns- och årsmässiga variationer av energitillförseln som existerar för till exempel solenergi och vindkraft kan leda till. Denna variation är dock lättare att hantera då den åtminstone statistiskt är relativt lätt att förutse och kan hanteras genom att sol- och vindenergin kombineras med andra tillförseltekniker som dieselmotorer eller batterier vilket innebär extra men förutsebara kostnader.

En ytterligare viktig faktor kan vara ett systems störningskänslighet. Hur känsliga är systemen för till exempel besvärliga väderförhållanden, extern påverkan och förflyttningar?

### 3.2.2 Taktiska faktorer

En särskild aspekt som eventuellt kan integreras under energisäkerhet men som ändå skiljer ut sig är energiförsörjningssystemets förenlighet med taktiska överväganden. Till exempel kan det röra sig om hur lätthanterliga systemen är vid omgrupperingar. Det kan röra sig både om systemens transporterbarhet och den tid det tar att ta systemen i drift på den nya platsen samt avveckla dem på tidigare ställen. Ett annat exempel är att val av drivsystem skulle kunna påverka risk för upptäckt eftersom de kan skilja sig åt med avseende på bullernivåer och värmesignaturer.

### 3.2.3 Miljöfaktorer

Miljöeffekterna av valet av en energilösning är i betydligt mindre grad än säkerhetsfaktorerna kopplade till den egna verksamhetens funktion. Det är sällan som verksamheten direkt påverkas negativt av miljöpåverkan från den egna energianvändningen. Ett undantag skulle möjligtvis vara om mycket dålig förbränningsteknologi används men det torde höra till undantagsfallen.

---

<sup>32</sup> Det är tveksamt om elfordons batterier kommer att ha någon större kapacitet att fungera som buffert i icke nätanslutna sammanhang även om man ser det som en möjlighet för system integrerade med elsystemet, se till exempel Kempton och Tomic (2005).

Hänsyn till miljön är snarare en del av det uppdrag som Försvarsmakten liksom andra myndigheter har att uppnå uppsatta miljömål. Liten miljöpåverkan skulle också som ovan nämnts genom goodwill effekter kunna underlätta den egna verksamheten i Sverige och utomlands.

En viktig fråga är i vilken mån det finns skäl att skilja värderingen av miljöeffekter inom försvarssektorn från motsvarande värderingar i andra delar av samhället. Här kan man se olika motstridiga signaler. Å ena sidan ska försvarssektorn, även om dess påverkan i vissa fall är begränsad, ta sitt sektorsansvar och bidra till att miljömålen uppnås. Samtidigt finns särregleringar i miljöbalken för anläggningar med betydelse för totalförsvaret.

Lokala miljö- och hälsoeffekter av betydelse beror på utsläpp av partiklar, kväveoxider, kolmonoxid och olika toxiska ämnen som t.ex. bensen, formaldehyd, acetaldehyd, 1,3-butadien, polycykliska aromatiska kolväten och dioxiner av vilka de mer lättflyktiga innefattas i begreppet VOC (lätflyktiga organiska föreningar). Alla dessa utsläpp påverkas av bränslevalen men i minst lika stor grad av vilken förbrännings- och reningsteknik som används.

Småskalig förbränning tillhör tillsammans med fordon de viktigaste källorna för partiklar och VOC, vilket till stor del beror på sämre förbränningsmässiga förhållanden och sämre förutsättningar för rening. Dålig bränslekvalitet (t ex för diesel) kan också försvåra användning av reningstekniker.

Svaveldioxid och kväveoxider liksom VOC har betydelse för regionala miljöeffekter. Utsläppen av dessa beror också både av bränsleval och val av förbrännings- och reningsgrad.

Det finns en direkt koppling mellan utsläppen av koldioxid och användningen av fossila bränslen och det är därför relativt sett lättare att ha god kunskap om utsläppen. Övriga växthusgaser har mindre betydelse för energiförsörjningens klimatpåverkan även om flygets utsläpp vid höga höjder och utsläppen av metan vid naturgasanvändning kan vara betydande.

Generellt gäller att man bör ha ett livscykelperspektiv på utsläppen – det gäller inte minst för global miljöpåverkan. Ett typexempel som speglar betydelsen av detta är miljöpåverkan av elanvändning där dessa i nätanslutna system uppkommer på andra ställen än där energianvändningen sker. Stora utsläpp kan även ske vid bränsleraffinering och odling av grödor som används för produktion av drivmedel.

För utsläpp av föroreningar med huvudsakligen lokala miljöeffekter är det inte lika självklart att ett livscykelperspektiv ska dominera miljöbedömningen – det är stor skillnad på miljöeffekten av utsläpp som sker i stadsmiljö jämfört med sådan som sker på landet.



För att få hanterbarhet vad gäller bedömningen av miljöeffekter kan det finnas skäl att göra ett urval baserat till exempel på vilken betydelse de har för att miljö kvalitetsmålen ska nås.

Resursaspekter är en viktig aspekt att hantera när man jämför energilösningar. Till exempel är markåtgången en viktig faktor för att bestämma om ett biomassetystem är långsiktigt hållbart (se t ex Börjesson m fl. (2008)). För andra energislag är det ofta intrångseffekter och visuella effekter (t ex vindkraft) som påverkar en övergripande miljöbedömning. Dessa effekter är platsspecifika vilket kan göra dem svåra att hantera i mer övergripande strategier.

Vissa miljöeffekter kommer att kunna redovisas kvantitativt medan andra med nödvändighet kommer att vara kvalitativt inriktade. Kvantitativa redovisningar bör alltid innehålla fysiska mått (t ex kg CO<sub>2</sub>/kWh). En sammanvägning av lokala hälsoeffekter på toxikologiska grunder är relevant där tillräcklig kunskap finns.

Monetära värderingar kan ibland ge ytterligare underlag för bedömningen. Det kan gälla om man ska väga samman utsläppen av föroreningar med annan typ av miljöpåverkan, till exempel partiklar och koldioxid. Det kan också vara intressant om merkostnaderna för de miljömässigt bästa alternativen är höga, jfr avsnitt 3.2.4, och kan behöva jämföras med den bedömda nyttan. Ett viktigt skäl att beakta de monetära värderingarna kan vara att man vill göra likartade bedömningar av miljöeffekter som i andra fall av samhälleligt beslutsfattande, t ex i infrastrukturplanering där monetära värderingar av miljöeffekter spelar en roll. Man bör notera att, som tidigare nämnts, många av värderingarna är osäkra och saknas för vissa typer av miljöeffekter, vilket gör att man kan missa viktiga aspekter i beslutsunderlaget.

### **3.2.4 Ekonomiska faktorer**

Viktiga parametrar för att värdera ekonomiska faktorer är kapital-, drifts- och underhållskostnader samt bränslekostnader. Dessa kostnader kan redovisas separat men bör värderas aggregerat. För bränslekostnader svarar i Sverige skatter för en stor del. För åtgärder inom en statlig myndighet är det inte rimligt att inkludera svenska skatter eftersom dessa bara innebär en transferering mellan olika delar av statsförvaltningen. Ett ytterligare skäl till att exkludera skatterna är att bland annat att miljö kostnader till en viss del är tänkta att täckas med dessa skatter och om miljöeffekterna inkluderas separat i analysen finns en risk för dubbelräkning.

### **3.2.5 Tillgång på information**

En grundläggande fråga är vilken information som finns tillgänglig inom olika områden, hur säker den är, och hur parametrarna kan tänkas förändras över tiden.

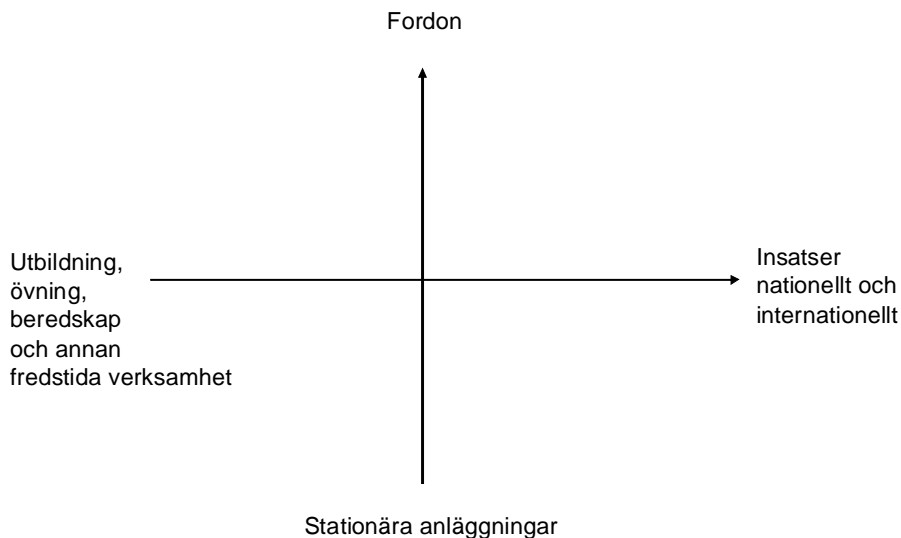
En fråga kan vara om det finns tillräckligt med mätningar av miljöparametrar under realistiska förhållanden. En annan fråga är hur miljöpåverkan av ett alternativ påverkas av vilket tidsperspektiv man anlägger och i vilken skala man antar att detta alternativ kommer till användning i samhället, se t ex Hillman (2008). Till exempel kan miljöprestanda av en lösning förändras över tiden på grund av teknisk utveckling. En begränsad användning av biomassa för energiändamål kan också förväntas ge färre konflikter med andra miljömål än en storskalig. Ytterligare en osäkerhet rör framtida kostnader för nya tekniker, vilka är ytterst svåra att skatta (se t ex Åhman, 2003).

## 4 Försvarsmaktens verksamheter – en strukturering av egenskaper med avseende på energiförsörjning

Den vikt som läggs på de olika parametrarna kan förväntas skilja sig åt mellan olika användningsområden inom försvarssektorn. Energilösningarna kan kategoriseras utefter de fysiska parametrarna stationära anläggningar/fordon, samt efter användningsområdena utbildning/övning/beredskap respektive insatser internationellt/nationellt, se figur 2.

En stor skillnad mellan mobila och stationära energilösningar rör vilken vikt som måste läggas på lagringskapacitet. Medan de stationära lösningarna ofta kan basera sin energitillförsel på fasta energinät eller lätt lagra stora kvantiteter energi är detta svårare för de mobila lösningarna. För markfordon och flygplan är energilagringsfrågor centrala, vilket ofta ger ett försprång för flytande bränslen som har hög energitäthet. För ytfartyg torde energilagringsfrågan vara ett mindre problem. System för energilagring krävs även för el- och värmeproduktion i stationära applikationer men volym- och viktsfrågor torde vara av mindre betydelse. En ytterligare skillnad är att ett fordon ska kunna användas i många olika sammanhang och omgivningar och måste fungera med de bränslen som finns tillgängliga. Som en kontrast kan man se nationella förband där t ex kasernområden existerar i ett fast geografiskt sammanhang med relativt förutsägbara energiförsörjningsalternativ.

Det finns även mobila anläggningar som inte är fordon. Dessa är flyttbara men har normalt en fast position under användning. Dessa måste visserligen kunna användas under olika förhållanden men kan i vissa fall länkas till befintliga elnät ifall sådana finns tillgängliga. Camper består till stor del av sådana halv-stationära anläggningar. Med stationära anläggningar har de likheten att lagringsproblematiken är av mindre betydelse. Med markfordon och flygplan har de likheten att de är tänkta att kunna användas i olika miljöer med olika förutsättningar för en säker energitillförsel.



Figur 2. Principskiss över olika typer av resurser som erfordrar energilösningar (y-axel) och olika typer av användningsområden (x-axel).

Olika parametrars vikt skiljer sig också kraftigt mellan energiförsörjning vid utbildning, övning, beredskap och energiförsörjning vid insatser. För det första är det värt att notera att en stor del av försvarets totala energianvändning och utsläpp av växthusgaser uppkommer vid utbildning och övning.<sup>33</sup> Ur ett miljöperspektiv är det därför viktigt att energiförsörjningen på hemmaplan har liten klimatpåverkan.

För det andra är risken för problem med energitillförseln mindre under normala förhållanden på hemmaplan än vid insatser, och de direkta konsekvenserna för verksamheten vid ett tillfälligt bortfall är också mindre. Medan solceller, batterier och delvis vindkraft innebär relativt höga kostnader i ett välutbyggt elsystem som Sveriges kan det bidrag de ger till leveranstryggheten i länder med sämre utbyggda system eventuellt motivera de extra kostnaderna. En säker elförsörjning är visserligen viktig på hemmaplan men kan vara vital vid insatser.

Slutligen torde risken för antagonistiska hot vara mindre vid verksamhet inom Sverige än vid internationella insatser. Sammantaget skulle detta tala för att en relativt större vikt kan läggas på miljöaspekten för den del av energiförsörjningen som täcker utbildning, övning och beredskap i Sverige medan energisäkerhetsaspekterna kan förväntas väga tyngre vid internationella insatser.

<sup>33</sup> Vad gäller påverkan på lokal miljö och hälsa är det inte självklart att det är de stora energiflödena som har störst påverkan utan lösningar som används i begränsad grad men med dålig prestanda.

Utrustning ska i största möjliga grad kunna användas såväl vid insatser som i det nationella försvaret. Med en hög prioritering av energisäkerhetsaspekter vid insatser kan dessa aspekter förväntas bli dominerande även på nationell nivå. För stationära system inom Sverige behöver dock inte dessa aspekter prioriteras i samma grad.

En möjlig lösning är att tänka sig liknande typer av bränslen för hemmaplan och insatser men där miljöeffekter och tillförsäkerhet skiljer sig åt. Ett möjligt fall skulle vara där biomassebaserad Fischer-Tropsch-diesel används på hemmaplan medan man använder de dieselbränslen som finns mer allmänt tillgängliga vid insatser utomlands.

En fråga är vilka avgränsningar som ska göras när man definierar de system som ska jämföras. Ska jämförelsen handla om enstaka energilösningar eller om paket av lösningar? Ska drivmedelsförsörjning, elförsörjning och värmeförsörjning värderas separat eller som totala system? Eventuellt kan total värdering leda till system som skulle skapa en bra balans mellan miljö- och energisäkerhetsaspekter till en lägre kostnad än om systemen ses separata.

Det kan också finnas vinster med att bedöma energieffektiviseringsåtgärder i ett sammanhang med val av tillförsellösningar. Med begränsade resurser för att öka försörjningstrygghet och minska miljöpåverkan kan energieffektivisering vara en nyckelfaktor. Den kan också minska behovet av reservkapacitet i form av batterier.

I det följande karaktäriseras två olika områden för energiförsörjning liksom de beslutsituationer som råder vid val av energilösningar. Olika alternativ och deras konsekvenser diskuteras.

## **4.1 Fallet energiförsörjning för fordon**

### **4.1.1 Karaktäristika för fordonsanvändning**

Typiska karaktäristika för fordon är som ovan nämnts att de ska kunna användas på många olika ställen och att de måste transportera sin energi, varför energilagringen är en nyckelfråga. Fordons energianvändning är idag också exceptionellt beroende av en specifik energikälla, nämligen olja.

För val av motoralternativ finns idag ingen tydlig policy utan en avvägning mellan operativ förmåga och miljöaspekter får göras i det enskilda fallet. Det kan i det sammanhanget noteras att man ser större risker för driftproblem med fordon som är anpassade efter EU:s utsläppskrav. Vid insatser finns ofta nära samarbete med NATO som i sin verksamhet arbetar enligt en Single Fuel Policy, där syftet

är att flygplan, fordon och utrustning ska kunna fungera med ett bränsle (i dagsläget används ett fotogenbaserat flygdrivmedel).<sup>34</sup>

#### 4.1.2 Beslutssituation

Beslut fattas vid många olika tillfällen och med olika långsiktiga konsekvenser. Långsiktigt betydelsefulla beslut tas vid anskaffning av nya fordon där såväl specifik energianvändning som vilka energibärare som kan användas beslutas. Om flera energibärare kan användas i ett visst fordon kommer en viss valmöjlighet även delegeras ut till användarna.

Ansvarsförhållanden skiljer sig mellan taktiska fordon och standardfordon. Medan val och utveckling av taktiska fordon sker i samarbete mellan Försvarsmakten och Försvarets materielverk ansvarar Försvarsmakten själva för införskaffandet och leasing av standardfordon.

Tidsperspektiv för beslutssituationerna är långa. Till exempel pågår projektet "Framtida stridsfordon" med ett införandeperspektiv 2017- 2020. Därefter är dessa fordon tänkta att utnyttjas under ett flertal år. Leasingavtal med mera skrivs å andra sidan för korta tidsperioder. Möjligheten att korrigera dåliga beslut är betydligt sämre i det förra fallet varför mer systematiska analyser kan vara motiverade.

#### 4.1.3 Alternativ och möjliga konsekvenser

I dag finns ett stort antal möjliga alternativ för de framtida systemen.<sup>35</sup> Under en överskådlig framtid kan petroleumbränslen förväntas spela en fortsatt stor roll. Fossila flytande alternativ som olika FT-bränslen analyseras bland annat i USA och Europa. FT-bränslen skulle kunna minska oljeberoendet och ge minskade utsläpp av luftföroreningar, men användandet av kol som råvara vid produktion innebär avsevärda negativa effekter för klimatet.<sup>36</sup> Motsvarande bränslen kan även produceras från naturgas med en klimatpåverkan i samma storleksordning som för diesel eller från biomassa (under utveckling) med klara klimatvinster som följd. Klimateffekterna beror mindre på vilket bränsle som utnyttjas än på vilken primärenergikälla som används.

Ett intressant alternativ för att kunna kombinera både miljöaspekter och energisäkerhet är att satsa på alternativ som kan produceras inte bara från förnybar energi utan även från andra energikällor för att kunna utnyttjas även i situationer där miljöaspekter är mindre centrala. FT-diesel och sådan biodiesel som är framställd av hydrerade vegetabiliska oljor/animaliska fetter är två

---

<sup>34</sup> Försvarets materielverk (2006).

<sup>35</sup> Östensson m.fl. (2009).

<sup>36</sup> Rehnlund m.fl. (2007).

exempel på detta då de kan ersätta eller blandas in i fossilt dieselbränsle i befintliga motorer.

Den variant av biodiesel som består av omförestrade vegetabiliska oljor (FAME) är också exempel på ett bränsle som kan ersätta diesel, dock finns för denna typ av biodiesel en del frågetecken avseende lagring och motordrift vid större inblandning i diesel. Bensinliknande alternativ såsom etanoldrift eller drift med andra alkoholer eller med etrar samt även gasformiga drivmedel kräver större omställningar vad gäller försvarets fordonspark och distributionssystem än de dieselliknande alternativen och kan av säkerhetsmässiga och operativa anledningar vara mindre lämpliga.

Andra tekniska lösningar med potentiell betydelse är elhybrider, bränsleceller och ren eldrift, vilka kan bidra till kraftigt ökad energieffektivitet. Dessa lösningar och annan teknik för ökad energieffektivitet kan dessutom förbättra tillförsäkerheten vid insatser oavsett bränsle.

Just nu är teknikutvecklingen intensiv men går i många olika riktningar, vilket innebär att det råder osäkerhet kring vilka de dominerande framtida systemen kommer att vara. Därför finns en generell svårighet i att göra några definitiva val av energilösningar för fordon på längre sikt. En viktig utgångspunkt kan snarare vara att undvika inlåsnings i långsiktigt mindre hållbara lösningar än att identifiera det idag bästa alternativet. Ett sätt att undvika fallgropar på lång sikt är att göra satsningar på bränslen som är helt kompatibla med idag befintliga fordon och distributionssystemen.

## **4.2 Fallet energiförsörjning för camper**

### **4.2.1 Karaktäristika camper vid insatser**

Camperna är mer eller mindre tillfälliga anläggningar som befinner sig i miljöer som ofta skiljer sig betydligt från förutsättningarna i Sverige. Enkelhet och praktiska aspekter spelar en stor roll och man utgår helst från system som baserar sig på ett litet antal energilösningar som kan bedömas fungera i många olika sammanhang. Färdiga systemlösningar finns redan i ordning i Sverige för att möjliggöra snabb leverans. I princip ska camperna vara konstruerade i enlighet med miljöbalkens regelverk samtidigt som man måste förlita sig på till exempel lokala bränslen som oftast inte baserar sig på motsvarande europeiska regelkrav. I samband med insatser får miljöaspekten ofta en ganska begränsad betydelse utan det är i stället de operativa kraven som får störst betydelse.

## 4.2.2 Beslutssituation

En viktig karaktäristik för beslutssituationen är att besluten om insatser kan komma relativt snabbt och sedan förväntas bli effektuerade med relativt kort varsel. Det innebär att tiden för att utreda möjliga alternativ är relativt kort. Det finns i allmänhet en generisk uppsättning teknik tillgänglig som åtminstone till en början utnyttjas fullt ut. Man gör initialt ingen bedömning av vad som är nödvändigt utan det blir i efterhand som man identifierar vilken del av tekniken som är överflödig. I det initiala skedet ligger ansvaret för skapandet av systemet helt och fullt hos Försvarmakten. Allteftersom insatsen varit igång ökar Fortifikationsverkets roll. Efterhand kan det vara möjligt med övergång från de initiala militära insatslösningarna till andra former tekniska lösningar.

Ett särskilt problem är att tidsperspektivet ofta är relativt kort. En mission beslutas ofta för halvårsperioder och förlängs sen efterhand. Detta gör att förutsättningarna att göra långsiktiga investeringar är små.

## 4.2.3 Alternativ och möjliga konsekvenser

Som ovan nämns är utgångspunkten att ett bränsle ska kunna användas för samtliga funktioner, drivmedel/el/värme. Syftet med detta är att minska de logistiska problemen. Man undviker gärna att koppla upp till det omgivande nätet av säkerhetsskäl, både för säker egen försörjning och för att inte uppfattas belasta ett ofta svagt elnät.

På grund av de osäkrare förhållandena torde betydelsen av energieffektivisering vara ännu större än vad som gäller anläggningar i det egna landet. Olika former av energilager (t ex batterier) torde också vara av stort intresse och ge större acceptans än vid motsvarande verksamhet i Sverige. Detsamma gäller solceller och mindre vindkraftverk eftersom även dessa ökar oberoendet av extern energileverans.<sup>37</sup>

En särskild potentiell resurs är energiutvinning ur avfall. Avfallshantering är ett stort logistiskt problem vid insatser och energiutvinning skulle potentiellt kunna vara ett effektivt sätt att hantera denna fråga. Tillgången på lämpliga tekniska system med tillräckligt bra miljöprestanda kan vara ett bekymmer.

---

<sup>37</sup> God sol tillgång i vissa länder där insatser genomförs bör också leda till förbättrade ekonomiska förutsättningar för solcellssystem.



## 5 Diskussion

I denna rapport redovisas ett antal olika metoder som på olika sätt skulle kunna fungera som inspiration för att stödja Försvarmaktens val av energilösningar. Metoderna skiljer sig åt både vad gäller värderingsgrunder, genomskinlighet och aggregeringsgrad. Medan vissa fokuserar på specifika verktyg utgår andra i större grad från processens betydelse där involvering av relevanta beslutsfattare och aktörer i processen anses vara av minst lika stor betydelse för beslutens kvalitet och relevans som det specifika resultatet från utvalda beslutsstödsmetoder.

Det finns skäl att tro att själva processen för värdering av energilösningar är viktig även för Försvarmakten. Att involvera en bred uppsättning kompetenser redan i ett tidigt skede är betydelsefullt för att generera olika handlingsalternativ, identifiera viktiga kriterier för att bedöma energilösningarnas egenskaper samt för att värdera dessas vikt i olika sammanhang.

Vad gäller de beskrivna metoderna finns en tydlig skillnad mellan dels de metoder och verktyg som syftar till att *väga samman* olika parametrar och kriterier för att möjliggöra en rangordning, dels de metoder som huvudsakligen syftar till att *systematiskt redovisa* olika effekter för att ge beslutsfattaren en tydlig bild av olika effekter. Båda angreppssätten har sina fördelar och sina nackdelar. Medan sammanvägning av faktorer ger en systematik åt hur värdering av olika parametrar går till finns samtidigt en risk att beslutsunderlaget blir mindre genomskinligt. Monetär värdering av olika parametrar kan ofta ha betydelse för att tydliggöra storleksordningen av olika effekter och relatera det till kostnaderna för olika handlingsalternativ. De kan också säkerställa att olika effekter (miljöeffekter, undvikande av dödsfall) värderas på liknande sätt inom olika delar av statsförvaltningen. Problem uppkommer dock om en stor andel av de studerade parametrarna saknar allmänt accepterade och spridda värderingar.

Scenariometodik kan vara lämplig som en del av analysen eftersom osäkerheterna är stora både om hur Försvarmaktens verksamhet och uppdrag kommer att se ut och hur olika tekniska lösningar kommer att utvecklas. Även andra former av känslighetsanalyser är att rekommendera för att studera robustheten i gjorda värderingar.

Det har inom projektets ram inte funnits utrymme att testa metoder på konkreta fall. I stället har mycket fokus legat på att identifiera möjliga metoder och särskilt vilka beslutssituationer som är aktuella. De metoder som diskuterats har ofta utvecklats för och använts vid beslutssituationer som till viss del skiljer sig från vad som kan vara aktuellt vid bedömning av Försvarmaktens energilösningar. Vi bedömer att en utveckling av specifika metodiker för olika typer av beslutssituationer skulle vinna mycket på om arbetet kan integreras med pågående processer.

Själva grundsyftet med att ta fram metoder för att värdera energilösningar är att möjliggöra att arbetet hos Försvarsmaktens olika delar vad gäller energifrågor går i en gemensam riktning. Genom ett systematiskt arbetssätt är det möjligt att lära sig något om vilka värderingar som ligger till grund för olika beslut och möjliggöra att dessa i större grad baseras på likartade grunder. Ett problem idag är att många beslut fattas på lägre nivå utan att det finns några försvarsövergripande strategiska beslut, vilket i sin tur riskerar att leda till icke sammanhängande inriktning på valet av energilösningar. Utvecklingen av t ex en klimatstrategi och en fordonsstrategi skulle kunna ge vägledning och ligga till grund för riktlinjer för de många små besluten. Till exempel kan det vara viktigt att få en signal om hur miljöaspekter ska vägas gentemot till exempel energisäkerhetsaspekter och kostnader. Denna vägning kan skilja sig mellan olika sammanhang beroende på de olika förutsättningar som finns t ex mellan stationära anläggningar i Sverige och insatser utanför landets gränser.

## 6 Referenser

- Axelsson M., Carlsen H. Eriksson E.A, Lindgren F. och Lundmark M. 2002. *Industristrategier för en osäker framtid - scenarioplanering för försvarsindustri i Sverige*, FOI-R—0744—SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Brorsson K-Å. 1995. *Metodutveckling av positionsanalysen genom tillämpning på Assjö kvarn. Hållbar utveckling i relation till miljö och sårbarhet*. Avhandling. Institutionen för ekonomi. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Börjesson P. Ericsson K., Di Lucia L., Nilsson L. J. och Åhman M. 2008. *Hållbara drivmedel – finns de?* Rapport Nr 66, Miljö- och energisystem, Lunds Universitet, Box 118, 221 00 Lund.
- Carlsen H. och Dreborg K-H. 2008. *Dynamisk generering av socioekonomiska scenarier för klimatanpassning: metod, byggstenar och exempel*. FOI-R—2512--SE, Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Carson R. T. 2000. Contingency Valuation: A User's Guide, *Environ. Sci. Technol.* **34**, 1413-1418.
- Carson R. T., Flores N. E., Meade N. F. 2001. Contingent Valuation: Controversies and Evidence. *Environmental and Resource Economics*, **19**, 173-210.
- Department for Communities and Local Government. 2009. *Multi-criteria analysis: a manual*. London.
- FOI. 2009. Försvarsmaktens klimatstrategi – systemavgränsningar. PM 2009-03-02.
- Försvarets materielverk. 2004. *Teknisk prognos för teknikområdet strömförsörjning*. Stockholm.
- Försvarets materielverk. 2006. *SingleFuelPolicy-SFP*, Rapport (2006-10-10 51837/2006)
- Hillman K. 2008. *Environmental Assessment and Strategic Technology Choice. The Case of Renewable Transport Fuels*. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy. Chalmers University of Technology, Göteborg.
- Johansson. B. 1999. The economy of alternative fuels when including the cost of air pollution *Transportation Research-D*, **4**, 91-108.
- Johansson J., Nilsson M., Finnveden G. 2004. *Strategisk miljöbedömning inom energisektorn*. Centrum för miljöstrategisk forskning (fms), Drottning Kristinas väg 30, 100 44 Stockholm.

- Johansson P. Carling C., Johansson B., Waern Å. 2007. *Värdering av kommunikationssystem. En omvärldsbevakning av metoder och verktyg*, FOI-R—2381-SE, FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, Linköping.
- Kempton W. och Tomic J. 2005. Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large scale renewable energy. *Journal of Power Sources*, **144**, 280-294.
- Kågebro E., Vredin Johansson M. 2008. Ekonomiska verktyg som beslutsstöd i klimatanpassningsarbetet. En metodöversikt. FOI-R--2530--SE, FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Naturvårdsverket. 2009. *Handbok och allmänna råd om miljöbedömning av planer och program*. Handbok 2009:1, Utgåva 1. Stockholm.
- Nilsson M. Finnveden G., Johansson J. och Moberg Å. 2001. *Naturgasutbyggnad i Sverige – metod för strategisk miljöbedömning inom energisektorn*. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Nordlund P., Ifvarsson C., Löfstedt H., Wickberg P. 2006. *Strategisk styrning inom det militära försvaret*. FOI-R--1804--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Palm T. 2008. *Försvarsmaktens gemensamma riskhanteringsmodell. En beskrivning av modellen samt jämförelse med riskhanteringsmodeller hos civila myndigheter*. FOI-R--2591--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Rehnlund B., Blinge M., Schramm J., Larsen U. 2007. *Annex XXXI Assessment of production and use of synthetic vehicle fuels*. Atrax Energi AB, Göteborg.
- Räddningsverket. 2003. *Handbok för riskanalys*. 651 80 Karlstad.
- Schläpfer F. 2008. Contingent valuation: A new perspective. *Ecological Economics*, **64**, 729-740.
- SIKA. 1999. *Översyn av samhällsekonomiska kalkylprinciper och kalkylvärden på transportområdet*. Redovisning av regeringsuppdrag, Juni 1999. Stockholm.
- Umstatt R. J. 2009. Future energy efficiency improvements within the US department of defence: Incentives and barriers, *Energy Policy*, **37**, 2870-2880.
- Åhman M. 2003. *Cars in Transition – An Assessment of Future Vehicle Technologies*, Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy in Engineering. Lund University, Lund.
- Östensson, M., Jonsson, D.K., Magnusson, R., och Dreborg, K.H. 2009. *Energi och säkerhet: framtidsinriktade omvärldsanalyser för Försvarsmakten*. FOI-R--2637--SE FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.