

MALIN ÖSTENSSON, DANIEL K. JONSSON,
ROGER MAGNUSSON, KARL HENRIK DREBORG

Energi och säkerhet



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

Malin Östensson, Daniel K. Jonsson, Roger
Magnusson, Karl Henrik Dreborg

Energi och säkerhet: framtidssinriktade omvärldsanalyser för Försvarsmakten

Titel	Energi och säkerhet: framtidsinriktade omvärldsanalyser för Försvarsmakten	
Title	Energy and Security: future-oriented studies for the Swedish Armed Forces	
Rapportnr/Report no	FOI-R--2637--SE	
Rapporttyp/ Report Type	Underlagsrapport Base data report	
Månad/Month	Januari / January	
Utgivningsår/Year	2009	
Antal sidor/Pages	184 p	
ISSN	ISSN 1650-1942	
Kund/Customer	Försvarsmakten / Swedish Armed Forces	
Forskningsområde Programme area	1. Analys av säkerhet och sårbarhet / Security, safety and vulnerability analysis, FoT-område CBRN och Miljö / R&D area CBRN and Environment	
Delområde Subcategory	34. Internationell säkerhet / International Security	
Projektnr/Project no	E11108	
Godkänd av/Approved by	Göran Kindvall	
FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency	
Avdelningen för Försvarsanalys	Defence Analysis	
Avdelningen för CBRN-skydd och säkerhet	CBRN Defence and Security	
164 90 Stockholm	SE-164 90 Stockholm	

Sammanfattning

Ett tongivande inslag i de mänskliga konflikternas historia är kampen om naturresurser. Det globala spelet kring energiresurserna håller på att intensifieras, vilket har uppenbara säkerhetspolitiska konsekvenser. De fossila energiråvarorna är koncentrerade till ett begränsat antal platser på jorden och de klimatförändringar som kol, olja och gas bidrar till medför ytterligare en intrikat säkerhetsdimension.

Energi är en strategisk fråga med många bottnar – det handlar till exempel inte bara om att planera för och säkra den egna energiförsörjningen utan också om att förstå och ha beredskap inför omvärldsförändringar liksom hur de kan komma att bemötas av olika aktörer. Detta kan dels påverka Sveriges och EU:s utrikes- och säkerhetspolitik liksom energisäkerhet, dels innebära förändringar i den internationella säkerhetsordningen liksom uppkomsten av nya konfliktmönster. Strävan efter att minska den sårbarhet som förknippas med beroendet av krympande oljeresurser, liksom att minska klimat- och miljöpåverkan, medför att den globala energiförsörjningen på sikt står inför stora förändringar. Betydelsen av allt detta för svenskt försvar har hittills endast analyserats i begränsad omfattning.

Rapporten utgör ett underlag till Försvarsmaktens långsiktiga planering; dels hur förändringar i den globala energiförsörjningen kan innebära nya utmaningar, hotbilder, krav och uppgifter för Försvarsmakten; dels vilka för- och nackdelar som kan förknippas med olika framtida energilösningar för Försvarsmaktens egen verksamhet, avseende främst drivmedel och kraftförsörjning under insats.

För att belysa hur långsiktiga energirelaterade omvärldsförändringar kan påverka Försvarsmakten tas avstamp i dels;

- befintliga omvärldsanalyser inom försvarsplanering, t.ex. den svenska försvarsberedningen och perspektivplaneringen, samt motsvarigheter från Finland, Storbritannien, Frankrike, USA och EU; dels
- internationella energiscenarioarbeten från t.ex. International Energy Agency, World Energy Council, EU-kommissionen, UNEP, IPCC och Shell; dels
- inflytelserika nationers och organisationers energipolitik och -strategier, t.ex. USA, Ryssland, EU, Kina och Indien.

En slutsats är att den potentiella konflikten mellan energisäkerhet och klimatsäkerhet kan medföra långtgående säkerhetsksekvenser och att ett fortsatt globalt fossilberoende bidrar till ökat säkerhetspolitiskt och militärt fokus på ett antal potentiella konfliktområden. Ett nytt sådant område kan bli Arktis, som i spåren av klimatförändringarna blir tillgängligt för exploatering. Storskalig global förnybar energiproduktion kan däremot innebära ökad geografisk utspridning och minskat tryck på befintliga 'hot-spots'. Kärnkraften blir sannolikt inte tongivande i den sammantagna globala energiförsörjningen, men säkerhetsproblemen förknippade med framställning av kärnmaterial kan spridas och förstärkas. Vidare förstärker energiproblematiken klyftorna mellan fattig och rik, vilket kan medföra sociala friktioner och konflikter. Trenden mot ökad nationalisering och politisering av energin står i kontrast mot frihandel och marknadsliberalism och kan medföra ytterligare militarisering av energiresurserna. Bilateral energiavtal kan medföra splittring inom EU och försvåra gemensamma ställningstaganden och ageranden, t.ex. vid internationella insatser.

Framtida utmaningar och uppgifter för Försvarsmakten behandlades vid en workshop med utgångspunkt från följande energi- och miljörelaterade insats-scenarier, avseende år 2030 (i samverkan med FoT-projekt Miljö och Säkerhet):

- o Insats i östra Afrika för att bygga fred i svårt splittrat samhälle med miljöproblem.
- o Konflikt kring rätten att utvinna olja och gas i oreglerade områden i Arktis.
- o Skydd av energiinfrastruktur och -anläggningar i f.d. Sovjetrepublik.
- o Internationell insats i megastad i västra Afrika med närliggande oljetillgångar.

Resultaten från workshopen behandlar bl.a. skillnaderna mellan helt nya uppgifter för Försvarsmakten, bekanta uppgifter i nya insatsmiljöer, eller under nya förutsättningar som t.ex. nya typer av samarbetspartners. En slutsats är att Försvarsmakten bör skapa beredskap inför de nya utmaningar som också innebär de största omställningarna – även om det i dagsläget kan vara svårt att bedöma

hur sannolika de är. Man bör därför etablera system, metodiker och generisk kapacitet för att på ett adaptivt sätt kunna integrera relevanta aspekter av energi- och miljöförändringar i den långsiktiga planeringen.

Vad gäller Försvarsmaktens egna framtida energilösningar redovisas en kunskapssammanställning om alternativa drivmedel (t.ex. alkoholer, dieselvarianter, gasformiga drivmedel) samt energiomvandlare (t.ex. hybridfordon, bränsleceller). Vidare diskuterades följande alternativa principlösningar för drivmedel och kraftförsörjning vid insatser i ett 2030-perspektiv i en workshop med Försvarsmakten:

1. Kraftförsörjning genom småskalig elproduktion via solceller och små vindkraftverk samt elverk med flytande bränsle som komplement. Transport med plug-in-hybridfordon, d.v.s. flytande drivmedel i kombination med eldrift.
2. Flytande bränsle som drivmedel till fordon och som insatsvara till kraft- och värmeproduktion med olika grad av inblandning av förnybart flytande bränsle.
3. Bränsleceller både för kraftförsörjning och framdrift av fordon (vätgas eller annat väterikt bränsle).

För respektive lösning behandlades 'safety'-aspekter, t.ex. teknisk säkerhet, driftsäkerhet, hälsa och personskydd, 'security'-aspekter, t.ex. energiråvarutillgång, tillförsälsäkerhet och operativa förutsättningar, insatsmiljöns betydelse, t.ex. klimat och topografi, samt interoperabilitet och kostnadseffektivitet.

En effektivare energianvändning bör vara den primära utgångspunkten för att sedan balansera miljökrav, säkerhetskrav, kostnadseffektivitet och operativa krav. Samhället i stort kommer att gå mot mindre miljöbelastande tekniker vilket kan innebära både synergier och målkonflikter givet de speciella omständigheter och krav som förknippas med Försvarsmaktens verksamhet. Det är därför viktigt att analysera målkonflikternas karaktär, att ta lärdom av andra sektors och försvarsmaktens erfarenheter, samt att etablera en metodik för att göra avvägningar mellan miljökrav och de krav som ställs på Försvarsmaktens energilösningar avseende säkerhet och operativ förmåga.

Den försvarsrelaterade energisäkerhetsforskningen bör på sikt utvecklas så att energiframtids- och omvärldsanalyser samverkar med teknisk energiforskning, men att inriktningarna bedrivs som separata projektområden eftersom tidsperspektiv, samverkanspartners och mottagare av forskningen ofta är olika. Omvärldsanalyserna bör ha ett säkerhetspolitiskt fokus på längre sikt, men betona Försvarsmaktsspecifika utmaningar och krav på nya förmågor på medellång sikt. Vad gäller Försvarsmaktens egna energilösningar bör forskningen å ena sidan hantera både befintliga operativa krav och framtida utmaningar, å

andra sidan både verksamhet i Sverige och vid internationella insatser, vilket kan kräva olika angreppssätt.

Nyckelord: energi, säkerhet, miljö, drivmedel, scenarier, omvärldsanalys, Försvarsmakten, försvarsplanering, säkerhetspolitik, klimatförändringar

Förord

I denna rapport redovisas en bred framtidsinriktad omvärldsanalys med fokus på energi. Syftet är att ge den svenska Försvarmakten underlag för den långsiktiga planeringen dels när det handlar om eventuella nya uppgifter och nya krav på kompetenser (t.ex. i samband med internationella insatser), dels när det gäller alternativ för Försvarmaktens framtida energilösningar. Rapporten utgör huvudresultatet av FoT-projektet Energisäkerhet som under 2008 bedrivits av FOI på uppdrag av Försvarmakten. Projektet fortsätter under 2009.

Malin Östensson har inte bara fungerat som medförfattare utan också som samordnare av arbetet med rapporten. Roger Magnusson har ansvarat för underlag om alternativa drivmedel till både rapporten och den workshop som arrangerades tillsammans med Försvarmaktens miljöavdelning, HKV PROD MILJÖ, och FoT-projektet Miljö och Säkerhet. Karl Henrik Dreborg ansvarade för planering och scenarioframställning inför workshopen, som också Maria Elena Wulff var med och arrangerade. Robert Larsson och Ingolf Kiesow har bidragit med underlag till rapporten om rysk respektive kinesisk och indisk energipolitik.

Under arbetets gång har vi haft en givande dialog och fått värdefulla synpunkter från Försvarmakten. Vi vill tacka workshopdeltagarna, som bidrog med oundgängliga inspel för vidare arbete.

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten.

Daniel K. Jonsson

Projektledare

Göran Kindvall

Marknadsområdeschef Försvar

Avd. för Försvarsanalys

Innehållsförteckning

1	Inledning	11
1.1	Syfte, metodik och läsanvisningar	11
1.2	Vad är energisäkerhet? – avgränsning i detta projekt	13
2	Omvärlds- och framtidsanalyser i försvarsplanering	17
2.1	Försvarsberedningens omvärldsanalys	18
2.2	Försvarsmaktens perspektivplanering	21
2.3	Finland: Ministry of Defence Strategy 2025	22
2.4	Storbritannien: The National Security Strategy och DCDC Global Strategic Trends	24
2.5	Frankrike: Défense et sécurité nationale - Le livre blanc och Le plan prospectif à 30 ans	27
2.6	EU: Den europeiska säkerhetsstrategin, European Defence Agency's Long-Term Vision samt Institute for Security Studies	29
2.7	USA: National Security Strategy, National Defense Strategy och Quadrennial Defense Review	32
2.8	Diskussion: hur hanteras energifrågorna i försvarsplaneringen?	35
3	Energi i framtidsscenarier	37
3.1	Vad är scenarier?	37
3.2	World Energy Outlook, IEA/OECD 2007 och 2008	39
3.3	Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050, IEA 2006 och 2008	43
3.4	Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050, WEC 2007	46
3.5	Global Climate Policy Scenarios for 2030 and beyond, EU- kommissionen 2007	49
3.6	World Energy Technology Outlook - 2050, EU-kommissionen 2006	51
3.7	Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future, InterAcademy Council 2007	53
3.8	Shell Energy Scenarios to 2050	55

3.9	IPCC, FN:s klimatpanel, 2001 och 2007	57
3.10	Global Environment Outlook: Environment for development, UNEP 2002 och 2007.....	60
3.11	Peak Oil	62
3.12	Energiframsyn Sverige i Europa, IVA 2003.....	65
3.13	Tvågradersmålet i sikte? Naturvårdsverket 2007	69
4	Tematisk diskussion: omvärldsförändringarna i relation till säkerhet	72
4.1	Långvågiga utvecklingar.....	72
4.2	Trendbrott?	74
4.3	Dynamiken kring energiresurserna	75
4.4	Energitekniker	75
4.5	Aktörer och policy-omvärld.....	77
4.6	Strategier för energiförsörjning.....	79
4.7	Klimat, miljö och människors säkerhet.....	80
4.8	Sammanfattningsvis – några slutsatser med bäring på säkerhet.....	81
5	Olika aktörers energipolitik och syn på energisäkerhet	85
5.1	EU.....	85
5.2	Storbritannien	87
5.3	USA	89
5.4	Ryssland.....	92
5.5	Kina	97
5.6	Indien.....	101
5.7	G8.....	103
5.8	Sammanfattande diskussion	104
6	Alternativa drivmedel och energiomvandlare: en kunskapsöversikt	107
6.1	Alternativa drivmedel.....	109
6.1.1	Biodrivmedel generellt.....	110
6.1.2	Alkoholer och etrar	113
6.1.3	Biodiesel - Syntetisk diesel	117

6.1.4	Naturgas, Biogas, LPG, DME	124
6.1.5	Vätgas	128
6.1.6	Avgasutsläpp från alternativa drivmedel.....	129
6.1.7	Utsläpp av växthusgaser ur ett livscykelperspektiv	130
6.1.8	Prognoser för alternativa drivmedel.....	131
6.2	Alternativa energiomvandlare	133
6.2.1	Hybridfordon	133
6.2.2	Bränsleceller	136
6.2.3	Om mobil kraftförsörjning i fält	140
7	Diskussion och analys: energi och säkerhet med Försvarmaktens perspektiv	143
7.1	Vad kan omvärldsförändringarna innebära för Försvarmakten?	143
7.1.1	Sammanfattning av scenarierna och scenariodiskussionerna	144
7.1.2	Några generella slutsatser från workshopen	149
7.2	Perspektiv på Försvarmaktens framtida energilösningar	151
7.2.1	Sammanfattning av workshop om framtida energilösningar.....	153
7.2.2	Några generella slutsatser om framtida energilösningar	156
7.3	Avslutande diskussion och framtida forskning	157
7.3.1	Preliminära delstudier i FoT-projekt Energisäkerhet 2009	158
7.3.2	Slutord – reflektion om framtida energisäkerhetsforskning	162
	Referenser	164
	Bilagor	173
	Bilaga 1: Insatsscenarier med bäring på energi och miljö – Underlag för workshop om Miljö, energi och säkerhet: nya utmaningar för Försvarmakten	173
	Bilaga 2: En översikt över alternativa drivmedel – Underlag till workshop om Försvarmaktens framtida energilösningar	178
	Bilaga 3: Skissartade insatsscenarier med fokus på logistik – Underlag till workshop om Försvarmaktens framtida energilösningar.....	179
	Bilaga 4: Urval av energipublikationer av FOI-forskare.....	181

1 Inledning

Det finns ett påtagligt förändringstryck inom energiområdet. Den fossila energianvändningens miljö- och climateffekter har fått allt större politiskt utrymme, liksom viljan att säkra framtida energiförsörjning, vilket har säkerhetspolitiska konsekvenser eftersom energiråvarorna är koncentrerade och ojämnt fördelade. Även förnybara energiformer kan vara konfliktskapande eftersom konkurrens om fruktbar mark påverkar livsmedelsproduktionen och främst drabbar fattiga människor. Detta påverkar såväl svensk energiförsörjning som hur miljökrav och säkerhetskrav kan förenas. Betydelsen av detta för svenskt försvar har hittills endast analyserats i begränsad omfattning.

FoT-projektet Miljö och Säkerhet är ett systerprojekt som handlar om hur miljö- och resursproblem samt klimatförändringen kan påverka försvarets uppgifter på längre sikt. Energisäkerhetsproblematiken är en resursfråga och överlappar därför delvis miljösäkerhetsområdet. Energiproblematiken och energins särställning som strategisk resurs rymmer dock en rad speciella förutsättningar som därför studeras i ett eget projekt.

1.1 Syfte, metodik och läsanvisningar

Projektmålet är att ge Försvarmakten underlag för den långsiktiga planeringen dels vad gäller påverkan från spelet kring energin på den internationella arenan, dels vad gäller framtida energilösningar för den egna verksamheten. Studien kan därför sägas ha två olika ben där följande huvudfrågeställningar avses besvaras:

1. Vilka nya hotbilder, uppgifter eller krav kan den svenska Försvarmakten ställas inför på längre sikt på grund av förändringar i den globala energiförsörjningen och en hårdnande kamp om energiråvaror, såväl fossila som förnybara?
2. Vilka är för- och nackdelarna med olika alternativa framtida energilösningar, framför allt avseende drivmedel, men i viss mån också kraftförsörjning i fält, utifrån kriterierna låg miljöbelastning och hög säkerhet?

Forskningen bedrivs främst genom litteraturstudier. När det gäller konsekvenser för det svenska försvaret av den internationella utvecklingen genomförs scenariobaserade analyser, delvis i workshopformat med representanter för Försvarmakten och andra försvarsmyndigheter.

Vi avser belysa hur energirelaterade omvärldsförändringar kan påverka Försvarmakten på längre sikt. I framtidsstudiesammanhang är försvarssektorn tämligen unik eftersom det finns lång erfarenhet av att arbeta med planering under osäkerhet och alternativa framtidsbilder. Vi tar vårt första avstamp i ett antal befintliga omvärlds- och framtidsanalyser från olika försvarsmakter i kapitel 2. Syftet är att exemplifiera omvärlds- och framtidsanalyser samt att notera om – och i sådana fall hur – energifrågor behandlas. Kapitel 2 är främst riktat till läsare som vill bekanta sig med långsiktig försvarsplanering.

Kapitel 3 fokuserar på energins roll i framtidsscenarier. Vi har inom ramen för detta projekt valt att inte utveckla egna allmänna (energi)omvärldsscenarier utan sammanfattar ett tiotal scenarioarbeten som på olika sätt fokuserar på energi. Baserat på kapitel 3 förs sedan en tematisk diskussion om omvärldsförändringarna i relation till säkerhet i kapitel 4, som rekommenderas för läsare som inte önskar tillgodogöra sig den fullständiga genomgången av energiframtids-scenarier i kapitel 3.

En viktig slutsats från kapitel 4 är att somliga aktörer inte bara har stora möjligheter att respondera på omvärldsförändringar utan även delvis formar framtiden i vid bemärkelse. Vi sammanfattar därför i kapitel 5 några betydande nationers och organisationers energipolitik och syn på energisäkerhet. Tillsammans med scenariogenomgången i kapitel 3 och diskussionen i kap. 4 utgör detta byggestenar för de insatsscenarier (se kapitel 7, samt bilaga 1) som användes vid en workshop med syfte att identifiera nya utmaningar, uppgifter och krav för Försvarmakten. Resultaten från workshopen, liksom våra egna slutsatser, redovisas i den första delen i kapitel 7, avsnittet 7.1: Vad kan omvärldsförändringarna innebära för Försvarmakten?

Studiens andra ben – framtida energilösningar för Försvarmakten – berörs delvis på ett övergripande och indirekt sätt i scenariogenomgången i kapitel 3, men framför allt i kapitel 6, som utgör en kunskapssammanställning om alternativa drivmedel och energiomvandlare. Baserat på denna behandlades några olika principlösningar för drivmedel och kraftförsörjning i fält vid workshopen med Försvarmakten, vars resultat redovisas i avsnitt 7.2: Perspektiv på Försvarmaktens framtida energilösningar.

Rapporten avslutas, i avsnitt 7.3, med en diskussion där bl.a. framtida forskning berörs.

1.2 Vad är energisäkerhet? – avgränsning i detta projekt

Begreppet *energisäkerhet*, eller *energi och säkerhet*, används i en rad olika sammanhang, t.ex. i samband med teknisk design och konstruktion, strategier för olika verksamheter och företag, samhällets sårbarhet och beredskap, samt inom en rad olika politikområden (energi, miljö, utrikesrelationer, försvar och säkerhet). Begreppet används på olika sätt i olika sammanhang och det är i vårt projekt knappast fruktbart att försöka lansera någon exakt definition. Det viktiga är snarare att förstå *hur*, *när* och *varför* de olika begreppen används samt med vilken avgränsning.

I detta sammanhang är det intressant att notera att en del förhållanden som tidigare benämndes som energifrågor i allmänhet idag ibland sorteras under energisäkerhet. Det beror sannolikt på att säkerhetsbegreppet har breddats under det senaste decenniet och att det finns en säkerhetstrend i samhället. Eftersom säkerhetsfrågorna ligger högt på agendan idag finns det därför också en tendens att 'säkerhetisera' vissa frågor för att göra dessa synbart ännu viktigare.

Det engelska språket erbjuder en nyansering av säkerhetsbegreppet i form av skillnaden mellan *safety* och *security*. Ett motsvarande svenskt begreppspar skulle möjligtvis kunna vara *trygghet* och *säkerhet*. Enkelt uttryckt handlar *safety* om att ingen ska göra sig illa eller att saker och ting inte ska gå sönder. I ett energisammanhang kan *safety* t.ex. syfta på skydd av personal och utrustning inom ett energiföretag. Ibland används benämningen *teknisk säkerhet* när *safety* åsyftas. *Security* däremot syftar på säkerhet i en bredare bemärkelse.

I Sverige används både begreppen energisäkerhet och energitrygghet när en *fungerande energiförsörjning* åsyftas. När energisystemet betraktas utifrån ett helhetsperspektiv handlar det då både om produktions- och distributionssäkerhet liksom tillförselsäkerhet. *Produktions- och distributionssäkerhet* är ofta besläktat med *energy safety* eftersom tekniska komponenter och infrastruktur är i fokus, men här finns också en bredare *security*-dimension eftersom energiförsörjningen är strategiskt viktig för samhället. Hög energisäkerhet är på denna nivå synonymt med t.ex. robusta elnät.

Tillförselsäkerhet, eller *security of supply*, brukar tolkas som en kontinuerlig, stabil och trygg tillförsel av energiråvaror till ett visst land eller region. Detta är oftast vad som åsyftas när begreppet *energy security* återfinns i policydokument.¹ Eftersom endast ett fåtal länder i världen är helt självförsörjande på energi är en

¹ T.ex. COM (2006a): 105, *A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy*, Winstone et al. (2007), eller sammanställning i Larsson (2007).

fungerande energiförsörjning beroende av en säker tillförsel av vissa energiråvaror utifrån. För Sveriges del, som på elsidan är i stort sett självförsörjande tack vare framför allt vatten- och kärnkraften, handlar tillförselsäkerheten av fossil energi i första hand om drivmedel för transportsektorn samt en mindre del för uppvärmning. För de flesta EU-länder ser det dock annorlunda ut. Vid sidan av inhemsk kolbrytning och viss olje- och gasutvinning är stora delar av Europa beroende av import av naturgas och olja – inte bara för transporterna utan även för produktion av värme och el. Detta har medfört att energisäkerhetsfrågan diskuteras betydligt mer intensivt inom EU liksom inom många EU-länder jämfört med i Sverige. En trygg och pålitlig energitillförsel från andra delar av världen har givetvis direkta implikationer på handels-, utrikes- och säkerhetspolitiken, men också på miljö- och klimatpolitiken. Ett sätt att öka energisäkerheten är ju att minska beroendet av (framför allt importerad fossil) energi, vilket kan göras via styrmedel som vanligtvis förknippas med klimat- och miljöpolitik. Samtidigt kan osäkerheten förknippad med det faktiska beroendet minska genom att å ena sidan upprätthålla goda relationer med producerande stater och aktörer liksom att verka för politisk stabilitet i de producerande regionerna, å andra sidan att säkerställa att distributionsvägarna är trygga (farleder, pipelines etc.).

Kopplat till tillförselbegreppet bör det tilläggas att begreppet energisäkerhet ibland har en omvänd betydelse för nationer eller aktörer som exporterar energi. För dessa innebär energisäkerhet att kontinuerligt få avsättning för sina produkter till utpekade köpare alternativt på världsmarknaden. Ökad energisäkerhet kan i detta fall också innebära att begränsa utländskt inflytande över inhemska energiresurser.

Ett annat besläktat begrepp i detta sammanhang är *energiberedskap*, som är mer kopplat till eventuella kriser i tillförseln snarare än den kontinuerliga tillförselsäkerheten. Energiberedskap var i högsta grad aktuellt under 1970-talets energikriser då stora beredskapslager av olja (oljereserv) upprättades för att klara korta och medellånga tillförselbegränsningar. Idag är de centraliserade nationella lagren inte i drift. Sverige ska dock enligt internationella avtal och medlemskapet i EU hålla en viss volym i ständigt lager för att svängningar på världsmarknaden ska kunna modereras. Detta faller främst på de oljeimporterande bolagen.²

När vi rör oss mot högre nivåer bland tolkningarna av energisäkerhetsbegreppet rör vi oss samtidigt från det praktiska och tekniska mot det strategiska och politiska. Det är också där som begreppet *energy security* gärna övergår till *energy and security*. Energiproblematikens säkerhetsimplikationer kan på den globala nivån relateras till kampen om begränsade naturresurser i en värld där trenderna

² Energimyndigheten (2008)

pekar mot en fortsatt ökad energianvändning liksom att många konflikter åtminstone delvis har att göra med kamp om naturresurser. Här har tillväxten under de senaste åren i framför allt Kina och Indien spelat en stor roll och i och med att energianvändningen ökade snabbare än produktionstakten sattes ett högre tryck på det globala produktionssystemet, vilket bl.a. avspeglades i rekordhöga oljepriser våren 2008.

Energiproblematiken på den globala nivån är generellt sett synonymt med oljans roll. Oron att produktionsmaximum (se avsnitt 3.11) närmar sig gör att konkurrensen om de (eventuellt) sinande resurserna ökar, vilket bidrar till både väpnade konflikter (t.ex. Mellanöstern), politiska och diplomatiska ansträngningar liksom biståndsoffensiver (t.ex. Kina i Afrika) samt oron att energiråvaran kan användas som säkerhetspolitiskt påtryckningsmedel (t.ex. Ryssland gentemot grannstater och EU).

Det är viktigt att poängtera att bara för att ett begrepp spänner från lokal till nationell till global nivå så blir den inte per automatik mer eller mindre strategisk. Effektiv energianvändning på t.ex. hushållsnivå är verkligen en strategisk energisäkerhetsfråga eftersom detta sammantaget kan minska energiberoendet, vilket reducerar osäkerheten förknippad med tillförsel, vilket minskar sårbarheten, o.s.v.

För att summera; begreppet energisäkerhet sträcker sig över följande kategorier:

1. Safety, teknisk säkerhet, skydd av personal, utrustning och lokal miljö.
2. Produktions- och distributionssäkerhet, ofta på systemnivå, eller delar av ett specifikt energisystem.
3. Tillförselsäkerhet (security of supply), som behandlar samspelet mellan system och omvärld. Begreppet används oftast på nationell eller regional nivå (t.ex. Sverige eller EU) men kan naturligtvis också beröra en enskild aktör (t.ex. Försvarsmakten).
4. Energi och säkerhet, kampen om energiresurser och dess implikationer på säkerhet och internationell politik (oftast på global nivå men som givetvis kan få lokala effekter).

För att vara en energistudie har detta projekt ett brett, och till viss del också ett fragmenterat, fokus. Det beror på att Försvarsmakten dels för egen del använder och är beroende av energi för att kunna lösa sina uppgifter, dels för att de uppgifter som Försvarsmakten ställs inför kan ha direkta eller indirekta energikopplingar.

När det handlar om Försvarsmakten som energianvändare är främst nivåerna 1-3 ovan relevanta för detta projekt. De framtida energilösningar som väljs ska vara säkra både avseende skydd (1) och driftspålitlighet (2). Vidare bör lösningen förknippas med god tillförseltrygghet (3).

När det handlar om vilka uppgifter Försvarsmakten kan ställas inför i framtiden är främst nivåerna 3-4 relevanta för detta projekt. Det kan handla om att tillvarata strategiska energiintressen för Sverige och EU i världen (3), men också att spela en fredsframtvingande eller fredsbevarande roll i konflikter vars ursprung har energikopplingar (4). Kunskap om de grundläggande konfliktorsakerna är viktigt och kan även vara en förutsättning för att kunna lösa uppgifterna och göra goda strategiska överväganden.

2 Omvärlds- och framtidsanalyser i försvarsplanering

Då detta projekt utgör ett underlag till Försvarsmaktens långsiktiga planering är det fruktbart att först notera vad som redan behandlas i de olika processer som stödjer denna. Dessutom undersöks vad som finns att lära av andra länder och organisationer.

Detta kapitel inleds med att sammanfatta Försvarsberedningens omvärldsanalys samt Försvarsmaktens perspektivstudier som dels är ett underlag för utformandet av den svenska försvars- och säkerhetspolitiken, dels anger förutsättningarna för Försvarsmaktens långsiktiga utveckling. Syftet är att få en överblick över vilka frågor och aspekter som i allmänhet behandlas samt att identifiera aspekter med direkt eller indirekt energikoppling.

Vidare sammanfattas några exempel på vad andra länder beaktar i försvarspolitiskt arbete och försvarsstrategisk planering. I det sammanhanget är den finska inriktningen intressant, då Finland är ett grannland och liksom Sverige är militärt alliansfritt. Länderna ingår dessutom tillsammans i det nordiska försvarssamarbetet. De nordiska länderna står inför utmaningen att omforma försvaret i enlighet med framtida uppgifter och behov. Sveriges stridskrafter och kapacitet bestäms i hög grad av de internationella uppgifter man ser framför sig, medan Finland har hållit fast vid en stor mobiliseringsorganisation för att kunna utnyttjas nationellt vid ett förändrat omvärldsläge.

Sveriges deltar genom EU-medlemskapet i EU:s gemensamma utrikes- och säkerhetspolitik (GUSP) och inom detta i en gemensam säkerhets- och försvarspolitik (ESFP). Sverige ställde inom ramen för ESFP upp med en stridsgrupp, Nordic Battle Group (NBG), som stod till EU:s förfogande för krishanteringsuppgifter under första halvåret 2008.³ Utvecklingen av NBG anses ha haft stor betydelse för omställningen av det svenska försvaret mot tillgängliga och flexibla förband och man har även åtagit sig att sätta upp en stridsgrupp för beredskap under 2011.

Frankrike och Storbritannien är två tongivande aktörer i Europa, inte minst på försvarsområdet. Det är dessa två länder som anses ha påbörjat utvecklingen av ESFP och det var även de som, med stöd av Tyskland, lade fram förslaget om

³ EU:s stridsgrupper för internationell krishantering ska kunna sättas in tidigt i ett krisskede i princip var som helst i världen och antingen lösa en uppgift under begränsad tid eller förbereda en mer omfattande insats. Fem länder deltog i NBG08, förutom Sverige även Estland, Irland, Norge och Finland.

EU:s stridsgruppskoncept. En jämförelse mellan europeiska länders deltagande i internationella militära krishanteringsoperationer visar att dessa två länder står i en klass för sig när det gäller att motsvara högt ställda ambitioner med faktiska insatser.⁴ Detta är intressant ur ett svenskt perspektiv, framför allt i ljuset av den uttalade svenska ambitionen om ett insatsförsvar. Länderna förenas dessutom av att de båda är kärnvapenmakter och permanenta medlemmar av FN:s säkerhetsråd. Däremot skiljer de sig åt avseende sin relation till USA och NATO.⁵

Det amerikanska säkerhets- och utrikespolitiska agerandet är något som övriga nationer på ett eller annat sätt beaktar i sina omvärldsanalyser. USA är som militär stormakt, med betydande trupper baserade och i insats på flera håll i världen, alltid intressant att studera i försvarssammanhang. USA som nation är en stor konsument av energi och landets militära ingripanden anses ofta i debatten till stor del ha påverkats av energifrågor.

De dokument som studerats spänner i innehåll från att ungefär motsvara Försvarsmaktens perspektivstudier till Försvarsberedningens underlag. Referenser till de närmaste svenska motsvarigheterna görs dock utifrån vilken instans som ger ut dem, i huvudsak om de är forskningsbetonade eller snarare mer politiskt orienterade. Jämförelsen försvåras något av det faktum att i vissa länder kan både den doktrinära verksamheten, som i Sverige hör till Försvarsmaktens strategiska ledning, och den forskning som FOI:s avdelning för Försvarsanalys utför, snarare återfinnas på respektive lands försvarsdepartement. Nedan återges huvudinnehållet i texterna, med en tyngdpunkt på de aspekter som berör energifrågor.

Kapitlet avslutas med en diskussion där den svenska försvarsplaneringen – främst avseende synen på energi- och energisäkerhetsfrågor – jämförs med andra länders.

2.1 Försvarsberedningens omvärldsanalys

Försvarsberedningen är ett forum för konsultationer mellan regeringen och representanter för de politiska partierna i riksdagen. Försvarsberedningens främsta uppgift är att följa den säkerhetspolitiska utvecklingen i världen och bedöma hot, risker och det internationella säkerhets- och försvarssamarbetets utveckling. I beredningen ingår representanter från riksdagspartierna och sakkunniga från

⁴ Giegerich (2008)

⁵ För en genomgång av hur relationerna mellan Frankrike, Storbritannien, NATO och USA avseende europeisk försvarspolitik förändrats genom åren, se exempelvis Sundberg, A: *Ett maktskifte med konsekvenser? Fransk utrikes- och säkerhetspolitik under president Sarkozy*, FOI Försvarsanalys, oktober 2008, FOI-R--2590--SE

departement och myndigheter. Man strävar efter att nå en så bred enighet som möjligt om hur säkerhets- och försvarspolitiken ska utformas.

I Försvarsberedningens omvärldsanalys för 2007 *Säkerhet i samverkan*⁶ resonerar man kring energi, miljö och klimat som framtida säkerhetshot, i en vidare bemärkelse än ur rent försvarsmaktsperspektiv. Man konstaterar att de globala miljöutmaningarna och klimatförändringarna utgör de allvarligaste hoten mot människors säkerhet och fundamentala levnadsvillkor. Säkerhetsarbete nu och i än större grad i framtiden omfattar instrument inom fler områden än utrikespolitiken och försvarspolitiken. Aktörer återfinns även i privat sektor, som exempel nämns bland annat energibolag och deras roll för energisäkerheten.

Man resonerar kring resursbrist och hur fördelningen av resurser lätt kan bli en grundorsak till kriser och konflikter. Konkurrensen och därmed konfliktrisen skärps av befolkningstillväxt, klimatförändringar och det fortsatta beroendet av fossila energislag. Eftersom staters energiförsörjning är strategiskt viktig har den även säkerhetspolitisk betydelse. Man pekar på den starka kopplingen mellan energi och säkerhet; genom energiberoende samhällens sårbarhet, kontroll över energitillgångar och deras distribution samt genom konkurrens om energitillgångar. Då handel och ekonomiska strukturer är känsliga för störningar finns ett starkt samhällsintresse att skydda energiflöden och fungerande internationella energimarknader. Genom kontroll över energiresurserna och över infrastrukturen fås ett effektivt medel för att utöva påtryckningar, men eftersom beroendet ofta är ömsesidigt får leverantören minskade intäkter och minskat förtroende om tillförseln avbryts.

Vidare diskuteras större staters inflytande på handel och råvaruhantering på andra kontinenter, t.ex. Kinas roll i Afrika och Mellanöstern och de säkerhetspolitiska följderna det kan få. Kinas ökade investeringar i Afrika har flera syften: att göra det lättare att importera energi- och andra råvaror från Afrika, att underlätta för kinesiska industrivaror att komma in på nya marknader samt att skapa ett politiskt-diplomatiskt stöd för den kinesiska utrikespolitiken. Detta kan i sin tur leda till att USA ser ett behov av att utöka sin närvaro, med ännu oklara säkerhetspolitiska konsekvenser.

Man lyfter fram I-ländernas ansvar att snabbt ändra sin energianvändning, genom minskad användning av fossila bränslen, energibesparingar, ökad energieffektivitet och förnybara energiformer. En fungerande internationell energimarknad behövs för en långsiktigt hållbar energiförsörjning. Att alla viktiga länder ingår ett långtgående klimatavtal anses ytterst vara en global säkerhetsfråga, speciellt USA:s medverkan i ett post-Kyotoavtal är av central betydelse.

⁶ DS 2007:46 *Säkerhet i samverkan*, Försvarsberedningens omvärldsanalys

Vad gäller Europa pekar man på ett ömsesidigt beroende mellan Ryssland och EU, genom att EU köper 70 % av den ryska energiexporten och därmed utgör den viktigaste marknaden. Det ryska distributionsnätet är konstruerat för leveranser till Europa och gör det svårt att hitta avsättning för sina energiråvaror på andra marknader. Å andra sidan skulle EU-länderna, speciellt vintertid, bara klara sig några dagar utan rysk olja och gas. Man ser att stora investeringar i energisektorn är nödvändiga för att Ryssland ska kunna leva upp till sina åtaganden, men den ryska inställningen till detta är oklar. Ryskt agerande för att hindra att utländska energiföretag kan verka i landet är oroväckande och begränsar möjligheterna att exploatera nya energiresurser med den senaste teknologiska kompetensen. Vidare kan gasledningen Nord Stream i Östersjön, om den byggs, öka den ekonomiska integrationen mellan Ryssland och övriga Europa samt trygga energitillförseln i Europa. Den ryska staten kommer att ha ett betydande inflytande över ledningen genom gasbolaget Gazprom, vilket innebär att den blir delvis statskontrollerad och politiskt styrd. Ryssland är världens största gas- och näst största oljeproducent och kan komma att använda detta som påverkansmedel i utrikespolitiken. Ryssland försöker dessutom, främst genom sina energiresurser, få ökat inflytande i Asien. Vidare pekas den framtida möjligheten att olja och gas kan frigöras i Barents hav och Arktis ut som en möjlig källa till konflikter.

Snabb ekonomisk tillväxt i främst Indien och Kina leder till en ökad efterfrågan på och konkurrens om energi och råvaror, vilket i sin tur kan leda till konflikter och kriser. Att säkra tillgången på nödvändiga resurser kommer att bli en viktig uppgift för Asiens tillväxtekonomier för fortsatt utveckling. Asiens konsumtion av olja har ökat snabbt och många industrier finns i energikrävande sektorer. Konkurrenten kring energitillgångar har inneburit att vissa asiatiska länder har använt nya medel för att få till stånd mellanstatliga avtal om energitillgångar, i flera fall har detta varit vapenleveranser. Denna handelspolitik kommer på kollisionskurs med EU:s och USA:s politik att främja den fria marknaden för olja och andra råvaror.

I Mellanöstern finns mer än hälften av världens kända oljereserver och olja och naturgas dominerar exporten. Energiutvinningen ger stora intäkter, men de fördelas ojämnt inom och mellan länderna och skapar därmed sociala orättvisor och spänningar. Den starka energimarknaden har förstås ändå bidragit till den starka ekonomiska expansionen i vissa länder under 2000-talet. Man ser dock att de olje- och gasberoende ekonomierna kommer att behöva diversifieras för att välbefindandet ska kunna hålla takt med befolkningstillväxten. Stormakternas intressen i energiutvinningen i regionen, liksom säkra energileveranser därifrån, påverkar deras ställningstaganden och kan förstärka motsättningarna.

USA:s strategi på energiområdet handlar om hur beroendet av importerad olja ska kunna minska. Satsning sker på förnyelsebar energi, kärnkraft och så kallad användning av ren kolteknik. Man uppfattar den kontroll OPEC-länderna har över oljereserverna som ett hot mot amerikansk säkerhet och landets industriella stabilitet.

2.2 Försvarsmaktens perspektivplanering

Regeringen ger återkommande Försvarsmakten i uppdrag att redovisa olika alternativ för Försvarsmaktens framtida utformning i ett tio- till tjugoorigt perspektiv. I perspektivstudierna identifierar Försvarsmakten vägvalsfrågor och belyser alternativ även utanför gällande försvarspolitisk inriktning.

Perspektivstudien hösten 2007: Ett hållbart försvar för framtida säkerhet⁷

De senaste årens perspektivstudier har avrapporterats i två delrapporter och en slutrapport. Delrapporten för 2006, *Försvarsmakten som säkerhetspolitiskt instrument*, fokuserade på vilken total förmåga som krävs för att hantera olika typer av konflikter, med utgångspunkt i den omvärldsanalys och de konflikttyper som redovisades 2005. I delrapporten för 2007, *Konsekvenser av olika militärstrategiska inriktningar*, redovisades tre militärstrategiska koncept, som beskriver vad som ska åstadkommas och hur detta ska uppnås. Dessa möter på olika sätt och i olika omfattning kraven på den effekt som behövs ur det militära systemet (militärstrategisk effekt). Referensalternativet A är en prolongering av dagens försvarsmakt. Koncept B har en ambition att hantera både internationella och nationella insatser, medan koncept C har en högre ambition för internationella insatser.

Den senare fasen av arbetet innebar fördjupade analyser av omvärldsutveckling, militärstrategisk dimensioneringsgrund, försvarsmaktsuppgifter och deluppgifter, operativa förmågor, krav på insatsorganisationens utformning, kapacitets- och förmågeutveckling i Europa samt utveckling av insatsorganisationen. Omvärldsanalysen konstaterar en ökad dynamik i den globala situationen, kopplad till utvecklingen i Kina och Indien samt problem i Mellanöstern, Sydostasien och Afrika. Framtiden innebär även strategiska utmaningar för vårt närområde, avseende EU:s och NATO:s utveckling, Rysslands ekonomiska utveckling och förhållande till EU, de omfattande energitillgångarna i området, samt den ökade betydelsen av Östersjön som transportled.

⁷ Försvarsmakten (2007a)

Man gör bedömningen att de största utmaningarna och riskerna för vår säkerhet finns på den globala arenan, då Sveriges säkerhetspolitiska läge har förbättrats de senaste åren genom NATO:s och EU:s utvidgning österut. Genom medlemskapet i EU har Sverige ett ansvar som spänner över vårt eget territorium och dess närområde, till Europa och dess närområden, samt globalt. Man konstaterar att nationella, regionala och globala intressen alltmer sammanfaller och att hoten i många fall är gränsöverskridande; klimatförändringarna och dess tänkbara långsiktiga konsekvenser, konkurrens om sinande naturresurser, samt internationell terrorism. Som en följd av detta krävs ett gemensamt agerande för att stärka vår nationella säkerhet.

Energitillgångar nämns som källa till spänningar, kopplat till detta finns de säkerhetsproblem som klimatförändringar och sinande naturresurser kan ge upphov till. Att gå ned på en sådan detaljeringsgrad att man diskuterar konkreta energilösningar för Försvarsmakten ligger inte inom perspektivstudiernas ram. Däremot pekar man på strategiska samarbeten som ett sätt att öka kostnadseffektiviteten, kvaliteten och den operativa effekten. Man anser att strategiskt samarbete inom styrkeproduktion och logistik sannolikt ger störst effekt, genom en hög grad av systemlikhet. Detta ökar även de operativa möjligheterna att samutnyttja förband vid internationella insatser.

2.3 Finland: Ministry of Defence Strategy 2025

Det finska försvarsministeriets strategi *Securely into the future – Ministry of Defence Strategy 2025* lades fram sommaren 2006. Syftet är att försöka beskriva vilka utmaningar som försvaret står inför, d.v.s. motsvarande Försvarsberedningens underlag, och undersöka hur dessa utmaningar kan hanteras. Detta görs utifrån bedömningar av den långsiktiga (20 år) utvecklingen i Finlands säkerhetsomgivning. I analysen använder man tre scenarier som beskriver olika globala utvecklingar och undersöker deras möjliga konsekvenser för Finland:

- o Scenario A – Globalisering och samarbete förstärks och resulterar i en fredligare värld
- o Scenario B – Business as usual
- o Scenario C – Den ekonomiska tillväxten stannar av och samarbetet paralyseras, då de globala strukturerna försvagas. De internationella konflikterna blir fler.

Man poängterar att det är viktigt att beakta chocker, d.v.s. oväntade händelser som direkt eller indirekt kan påverka säkerhetsläget. Som historiska exempel anges tsunamin och terroristattacker i USA och Europa, i framtiden anges sådana kunna vara en ny energiproduktionsmetod, en pandemi eller att EU går in i en djup kris. Fem globala nyckeltrender för utvecklingen av säkerhetsläget identifieras: befolkning, miljö och naturresurser, teknologisk utveckling, globalisering av världsekonomin samt världsordningen och olika länders betydelse.

Befolkningstillväxt och urbanisering fortgår i utvecklingsländer. I Europa blir högre medianålder en utmaning för ekonomisk tillväxt och konkurrenskraft. I Finland minskar antalet människor i arbetsför ålder, vilket innebär att Försvarsmakten behöver framstå som en attraktiv arbetsgivare.

Energireserverna kommer att räcka till, trots ökande efterfrågan. Däremot kommer tillgången att bero av stabiliteten i energiproducerande regioner. 2030 kommer EU:s beroende av importerad energi att ha ökat till 70 %, större delen kommer från eller via Ryssland. Energiaspekter kommer att användas för att utöva politiskt tryck. Man ser ökade risker för att störningar i tillförseln kan hota Finlands ekonomiska tillväxt. Avtal för att säkra energitillförseln kommer därför att öka i betydelse. Fortsatt höga energipriser kommer att belasta även försvarets verksamhet. Miljökatastrofer påverkar det globala säkerhetsläget och därigenom Finland och det finska försvaret. Därför måste även försvaret beakta miljöskydd i sin verksamhet och rusta för att kunna stödja andra myndigheter vid miljökatastrofer.

Teknikutvecklingen sker allt snabbare, men nya tekniker bedöms inte ändra den traditionella krigföringens karaktär. Däremot kommer begränsade resurser och högre priser medföra att det blir allt dyrare att utveckla och upprätthålla militär teknologi. Materielsamarbete med de nordiska länderna och EU är därför av stor vikt för att den finska försvarsmakten ska kunna anamma nya tekniker. Den snabba teknikutvecklingen innebär vidare ökad sårbarhet, både i samhället och för försvaret.

En globaliserad världsekonomi driver tillväxt, ökar ömsesidiga beroenden och medför politisk stabilitet. Däremot är inte vinsterna rättvist fördelade och avhängda nationer kan komma att utgöra säkerhetshot. USA, Indien och Kina tillhör de stater som är bäst på att utnyttja möjligheterna med globalisering. EU:s ekonomi kommer att lida av en åldrande befolkning. Rysslands ekonomi beror till stor del av priset på energi och råvaror, men kommer att hållas tillbaka av bland annat demografiska faktorer och eftersatt infrastruktur. Finlands ekonomi är beroende av handel med utlandet. Då medelåldern ökar riskerar ekonomin att backa. Det kommer att bli större tryck på hur offentliga medel fördelas, speciellt

som kostnaden för den sociala välfärden blir allt högre, vilket kan påverka försvarsanslaget.

USA kommer att behålla en dominerande ställning internationellt, Kina och Indien kommer att öka i politisk betydelse. I EU ökar integrationen och man försöker stärka sin roll som internationell aktör, men utvidgningen är en utmaning både i interna och externa relationer. De transatlantiska relationerna kommer fortsatt att vara viktiga. Konsekvenserna av säkerhetsproblem sprider sig allt snabbare och framtida hot, såväl som lösningar kommer att vara globala. Ökande politisk extremism kan orsaka våldsamma aktioner och betydelsen av religion för personlig identitet kan komma att öka. Det ligger i Finlands intresse att verka för sammanhållning inom EU, speciellt vad gäller säkerhets- och försvarspolitik. Däremot bedömer man att man i ett utvidgat EU måste ha valfrihet, om nödvändigt kunna ingå i olika regionala grupperingar och kunna välja nivå och grad av deltagande i olika aktiviteter.

Utvecklingstrenderna lägger grunden för en utvärdering av framtida militära konflikter och säkerhetshot. Man bedömer att framtida militära konflikter främst kommer att vara interna eller regionala och bero av historiska faktorer, kontroll av energikällor eller naturresurser, etniska eller religiösa spänningar eller sociala och ekonomiska orättvisor. I en gråzon mellan krig och fred kommer hot om eller begränsad användning av militära medel, politiskt och ekonomiskt tryck och asymmetrisk krigsföring att förekomma. Detta utökar skalan av militära uppgifter, men förmågan att försvara finskt territorium mot väpnat angrepp är fortfarande huvuduppgiften.

2.4 Storbritannien: The National Security Strategy och DCDC Global Strategic Trends

Brittiska Cabinet Office (kan sägas motsvara Statsrådsberedningen) tog 2008 för första gången fram en nationell säkerhetsstrategi – *Security in an interdependent world*. Här tar man ett helhetsgrepp när det gäller statens viktigaste förpliktelse; att sörja för säkerhet för nationen och dess medborgare, istället för att som traditionellt betrakta säkerhets- och försvarspolitiken i ett separat stuprör. I strategin lyfts därför nya utmaningar för säkerheten fram, hur de har förändrats och hur de ska bemötas. De senaste årens erfarenheter beskrivs, vad gäller bland annat terrorism och civila kriser.

I avsnittet om utmaningar mot säkerheten nämns kampen om energi, som kommer att förvärras i takt med att efterfrågan från nuvarande utvecklingsländer ökar. Energikällorna kommer att koncentreras, till stor del i politiskt instabila områden. Det noteras att länder som Kina och Ryssland redan har prioriterat kontroll över energiförsörjningen i sin utrikespolitik. Man anser till och med att kampen om energi kan bli en av de främsta orsakerna till det internationella systemets kollaps och framväxt av mellanstatliga konflikter och regional instabilitet. Energi- och livsmedelssäkerhetsfrågor, tillsammans med bland annat klimatförändringar, ses också som förstärkningsfaktorer till redan existerande hot.

En integrerad energistrategi är utformad för att samtidigt hantera frågan om säker och pålitlig energitillgång, reducera sårbarheten för säkerhetsproblem på andra platser, reducera bidraget till spänningar p.g.a. kampen om energiresurser och för att bekämpa klimatförändringar. Genom att arbeta både genom EU och bilateralt ska öppna energimarknader främjas. I nära samarbete med andra nationer ska tydliga regler utarbetas för att försäkra sig om att energi produceras på effektivt sätt och att stimulera lämpliga investeringar. Försörjningssäkerheten avseende gas uppnås bl.a. genom goda relationer med nyckelländer såsom Ryssland. Här avser man verka via EU och andra internationella organisationer. Strategin innebär även diversifiering av källorna till primärenergi och deras transportvägar. Stora investeringar i ny infrastruktur för gasimport och lagring är planerade. Storbritannien, liksom andra delar av världen, står inför utmaningen att ställa om till en ekonomi med låga koldioxidutsläpp. I detta ingår att stödja policys för förbättrad energieffektivitet, öka användningen av förnybara energikällor och att prissätta koldioxidutsläpp för att möjliggöra att gröna energitekniker ska kunna konkurrera med mer konventionell energiproduktion. Nationellt stödjer man även investeringar i kärnkraft – medveten om de säkerhetsrisker som det i sin tur kan medföra.

Global Strategic Trends Programme 2007-2036 är ett levande dokument som produceras och uppdateras av Development, Concept and Doctrine Centre (DCDC), som är ett direktorat under det brittiska försvarsministeriet. Dokumentet är att betrakta som ett underlag för utformningen av brittisk försvarspolitik och kan närmast jämföras med de omvärldsanalyser FoMA⁸ utför åt Försvarsmaktens långsiktiga planering. *Strategic Trends* ska ge en oberoende bild av framtiden genom;

⁸ FOI:s projekt FoMA stödjer Försvarsmaktens långsiktiga planering med metoder och analyser. FoMA lämnar underlag bland annat i form av omvärldsanalyser till Perspektivplaneringen. I omvärldsanalysen studeras trender inom de tre kategorierna aktörer-regioner-teman.

- en historisk och tematisk analys av det framtida strategiska sammanhanget,
- en analys av de viktigaste riskerna och strategiska chockerna, inklusive en värdering av sannolikhet, frekvens och storlek, samt
- identifiering av implikationer på försvars- och säkerhetspolitik.

Man har beaktat fem dimensioner: *resurser, socialt, politiskt, vetenskapligt/tekniskt och militärt* och identifierat trender inom dessa under de kommande 30 åren. Genom att analysera hur dessa trender kan komma att utvecklas och interagera, tas både troliga och alternativa utvecklingsvägar fram. De risker som senare formuleras ska belysa vilka konsekvenserna kan bli och hur dessa kan påverka det brittiska försvaret. Exempelvis betraktar resursdimensionen hur människans strävan efter högre eller bibehållen levnadsstandard kommer att tillgodoses i framtiden. Man analyserar trender inom följande områden:

- o Miljörisker, vatten och livsmedel.
- o Energi och råvaror.
- o Hälsa och sjukdomar.
- o Den byggda miljön.
- o Det globala ekonomiska systemet.
- o Tillväxt och utveckling.

En utpekad risk är instabila energimarknader, vilket kan leda till att fler länder försöker etablera bilaterala arrangemang för att försöka kontrollera den globala marknaden. Detta riskerar att leda till spänningar mellan dem som stängs ute eller inte kan konkurrera på dessa villkor. Det finns en risk för politiska och militära interventioner för att skydda och säkra tillgången.

Man har förutom troliga utvecklingsvägar även beaktat avbrott i trenderna, s.k. strategiska chocker, som radikalt kan förändra utfallet globalt. I resursdimensionen pekas revolution i tillgången till energi ut som en sådan chock. Investeringar i nya energiformer, speciellt vätgas, ger nya möjligheter och skulle minska beroendet av knappa fossila resurser från instabila regioner.

För att ge ett ramverk och systematik kring hur förändringar kan mötas, har utfallen delats in i fyra globala nyckelteman: *Befolkning och resurser, Identitet och intressen, Samhällsstyrning och politiskt stabilitet* samt *Kunskap och innovation*. Man konstaterar att under de kommande trettio åren kommer livet för många människor att förändras drastiskt. Tre s.k. ”drivers of change”, eller

drivkrafter för förändring, pekas ut som kommer att beröra alla människor: *klimatförändringarna, globalisering och global orättvisa.*

Faktorer som driver förändring inom temat *Befolkning och resurser* är ekonomisk tillväxt, befolkningstillväxt, konkurrens om resurser, sjukdomar, demografi, miljöpåverkan, massförflyttningar och urbanisering och bosättning. Ekonomisk tillväxt och ökad konsumtion kommer att öka konkurrensen om nödvändiga resurser. Stater kommer därför att ingå avtal för att försäkra sig om resurstillgång. Efterfrågan på energi kommer troligen att öka med mer än 50 % till slutet av perioden och fossila bränslen kommer att svara för merparten av denna ökning. Eftersom de största reserverna ligger i politiskt instabila områden, kommer konsumenterna inte vilja lita till marknadskrafterna för att försäkra sig om tillgång. Risker för humanitära katastrofer ökar p.g.a. klimatförändringar, höga uttag av resurser, sjukdomar m.m. Migrationen ökar, vilket anstränger infrastruktur och riskerar att öka instabiliteten.

En drivkraft för förändring i tema *Kunskap och innovation* är efterfrågan av nya energikällor, som svar på begränsningarna i fossila resurser och utsläpp av koldioxid. Forskning stimuleras och alternativa energiformer uppkommer. En annan faktor är exploatering av extrema miljöer, som möjliggörs av ny, billigare teknik. Rymden, polarregionerna, djuphaven och underjorden kommer troligen att utforskas, i jakt på bland annat nya energiformer. De tekniska framstegen kommer att gynna många, men även förstärka skillnaderna mellan de som har och de som inte har.

2.5 Frankrike: Défense et sécurité nationale - Le livre blanc och Le plan prospectif à 30 ans

Den franska vitboken *Défense et sécurité nationale*⁹ är beställd av den franska regeringen för att besvara frågor som hur den franska politiken bör utformas för att garantera säkerhet, försvara intressen ute i världen och bidra till att befästa Europas position på den internationella scenen, i en tid av globalisering. Vitboken definierar den strategiska orienteringen för det franska försvaret och kan sägas motsvara den svenska Försvarsberedningens underlag. Säkerhetsstrategin har ett tidsperspektiv på 15 år och har för första gången en europeisk och även internationell ansats. Man tittar på områden som krishantering och spridning av kärnteknologi, likväl som militära och civila interventioner utomlands.

⁹ Ministère de la défense (2008)

Hotbilden är präglad av oförutsägbarhet och innefattar bland annat terrorism och spridning av massförstörelsevapen. Ambitionen avseende internationella insatser är något lägre i truppstorlek än tidigare, dock fortsatt stor i ett europeiskt perspektiv. Vikten av den gemensamma säkerhets- och försvarspolitiken ESFP framhålls, avseende bland annat kärnvapen ska man dock vidmakthålla sin nationella förmåga.

I delen om Frankrikes ambitioner i ett europeiskt perspektiv finns ett kort avsnitt om Europas tillförsäkerhet av strategiska varor, såsom energi- och andra råvaror. Denna fråga utgör en stor utmaning som direkt påverkar alla medborgare och man anser att Europa, liksom USA, Kina, Indien och Japan, bör ägna denna fråga särskild uppmärksamhet. Frankrike efterlyser, i likhet med Europarådet, även en bättre koordinering av den politik som nu bedrivs på nationell nivå. Denna koordinering berör även säkrad tillgänglighet av strategiska råvaror och energikällor, d.v.s. säker tillgång och transport samt skydd av den europeiska infrastruktur som bearbetar och använder dessa varor. Man förordar vidare globala marknader och att nödvändiga överenskommelser sluts med Ryssland och länder i Centralasien, Mellanöstern samt Afrika.

Vitboken definierar den strategiska orienteringen för det franska försvaret. I femåriga programplaner (*Loi de Programmation Militaire*, LPM) dras riktlinjer för försvaret upp, med budgethänsyn.¹⁰ Man har dock sett ett behov av att planera på längre sikt, främst p.g.a. vapenprogrammets längd och fördröjningar när det gäller att tillskansa sig framtida teknologier. Sedan 1997 tar man därför fram 30-åriga planer (*Le plan prospectif à 30 ans*, PP 30), där framtida försvarsbehov undersöks och riktlinjer för studier och forskning dras upp. I det geostrategiska perspektivet identifieras hot och risker, i det operativa perspektivet specificeras de militära förmågor som behövs för att hantera riskerna och i det tekniska perspektivet prioriteras de framtida tekniska lösningarna för att utveckla system och förmågor. Alla bedömningar görs utifrån prognoser.

I PP 30 från 2005¹¹ konstateras att sedan Berlinmurens fall har man sett nya risker och hot. Man delar in dem i faktorer som kan hänföras till viljan hos stater och icke-statliga aktörer eller till ekonomiska, demografiska och därtill relaterade faktorer. I den förstnämnda kategorin nämns USA:s agerande utifrån egna prioriteringar (isolationism, multilateralism, interventionism m.m.), som har stor påverkan på konfliktrisker. Även Kinas framväxt som en strategisk spelare nämns. Däremot anser man inte att Ryssland kommer att orsaka stora internationella kriser under de närmaste årtiondena. I den andra kategorin beskrivs den

¹⁰ Under hösten 2008 lanseras programplan för perioden 2009-2014.

¹¹ *Plan prospectif à 30 ans - juin 2005* är den senaste PP 30 som finns tillgänglig på engelska.

ökande globaliseringen och den allt ojämnare fördelningen av resurser som en källa till frustration.

I det operativa perspektivet analyseras vilka typer av operationer de väpnade styrkorna kan behöva hantera i framtiden. De nyare koncepten symmetrisk, disymmetrisk och asymmetrisk krigföring beaktas, tillsammans med de mer traditionella koncepten hög- och lågintensiva konflikter. Förutom nya operationstyper, kan även nya typer av slagfält uppkomma, som infosfären och rymden.

Några utvecklingar bedöms ha stor betydelse för framtida operationer:

- Det ökande ömsesidiga beroendet mellan nationella intressen, majoriteten av de åtgärder som vidtas kommer att ske genom koalitioner.
- Den ökande komplexiteten som kommer att kräva en kombination av olika typer av verksamheter, militära aktioner sammanvävs med diplomatiska och juridiska verksamheter.
- Samhälleliga förändringar har medfört att förlust av människoliv och användning av våld måste begränsas till ett absolut minimum. Allmänhetens åsikter har fått ökad betydelse.
- Militariseringen av rymden, utvecklingen av icke-dödliga vapensystem och biotekniken kommer också att påverka karaktären hos framtida konflikter.

På motsvarande sätt lyfts de trender som bedöms ha stor påverkan på tekniska innovationer i framtida försvarssystem. Bland dessa nämns den ökande användningen av elektricitet i olika system, vilket ställer krav på energiproduktion och -lagring.

De geostrategiska, operativa och tekniska perspektiven leder sammantaget fram till tekniska-operativa lösningar, kritiska tekniker, en forskningsplan och hypoteser för en materiellplan. Energiförsörjningsfrågan pekas inte ut specifikt när kraven på förmåga i olika försvarssystem uttrycks.

2.6 EU: Den europeiska säkerhetsstrategin, European Defence Agency's Long-Term Vision samt Institute for Security Studies

I EU:s gemensamma utrikes- och säkerhetspolitik (GUSP) ingår en gradvis utveckling även av en gemensam säkerhets- och försvarspolitik (ESFP). Syftet

med ESFP är att göra det möjligt för EU att utveckla sin civila och militära kapacitet att hantera kriser och förebygga konflikter internationellt.

I den europeiska säkerhetsstrategin *Ett säkert Europa i en bättre värld*¹² ges ett ramverk för hur den gemensamma utrikes- och säkerhetspolitiken ska utformas och hur medlemsländerna ska agera internationellt. I strategin beskrivs säkerhetsläget i termer av globala utmaningar och de främsta hotbilderna. Globaliseringen har inneburit en utveckling där inre och yttre säkerhetsaspekter är förenade. Handels- och investeringsflöden, teknikens utveckling och demokratins spridning har lett till välbefinnande för många, men kan ses en orsak till orättvisa av andra. Europas beroende av en sammanlänkad infrastruktur för bland annat transporter och energi har ökat och därmed även inneburit en ökad sårbarhet. Kampen om naturresurser förutses hårdna på grund av den globala uppvärmningen och kunna leda till instabilitet och folkförflyttningar. Energiberoendet pekas ut som en särskild orosfaktor, då Europa är världens största importör av olja och gas. Icke-statliga aktörer identifieras som en ny viktig aktör i den nya världsordningen, de främsta hoten mot Europa anses utgöras av terrorism, spridning av massförstörelsevapen, regionala konflikter, stater i upplösning och organiserad brottslighet.

EU har satt upp tre strategiska mål för att försvara sin säkerhet. Det handlar om att hantera hoten, att skapa säkerhet i grannskapet och att utveckla en världsordning som bygger på effektiv multilateralism (exempelvis att bidra till bättre styre genom biståndsprogram och riktade handelsåtgärder). Avseende politiska konsekvenser sägs att en mer aktiv politik krävs för att möta de nya hoten. Unionen måste vara beredd att tillgripa alla instrument för krishantering och konfliktförebyggande som står till dess förfogande – politiska och diplomatiska, militära och civila, handel och utvecklingssamarbete – för att upprätthålla fred och säkerhet.

En uppdaterad säkerhetsstrategi, *Providing security in a changing world*, ska antas i december 2008. Enligt ett utkast ska klimatförändringar och energisäkerhet ytterligare betonas som hot. Man ser att kampen om konflikter kan förvärra konflikter och få konsekvenser för många områden (hälsa, politik, säkerhet). Klimatförändringarna kan leda till oenigheter kring handelsvägar, maritima zoner och resurser som tidigare varit otillgängliga (med hänvisning till Arktis). Att minska energiberoendet ses därför som nödvändigt, samt att diversifiera energislag, utvinningsområden och transitvägar, liksom att verka utrikespolitiskt – exempelvis att stödja god samhällsstyrning och investeringar i Centralasien, Kaukasus och Afrika. Man pekar på att energi är en viktig faktor i

¹² *Ett säkert Europa i en bättre värld*, En europeisk säkerhetsstrategi, 2003

relationen till Ryssland och att politiken ska verka för transitvägar även genom Turkiet och Ukraina. Genom samarbete med partners såsom Kina, Indien, Japan och USA ska man främja förnybar energi, tekniker med låga koldioxidutsläpp, energieffektiviseringar och transparenta, välreglerade globala marknader.¹³

Den europeiska försvarsbyråns (EDA) uppgift är att stödja medlemsstaterna och ministerrådet när det gäller att stärka och förbättra försvarsförmågan för krishantering och att upprätthålla europeisk säkerhets- och försvarspolitik. EDA:s så kallade *Long-Term Vision* har utarbetat en global kontext i vilken den europeiska säkerhets- och försvarspolitiken ska verka år 2025. Man ser att Europa kommer att tappa i ekonomiskt hänseende p.g.a. en åldrande befolkning och ett beroende av den övriga världen, främst avseende energi.¹⁴

EU Institute for Security Studies (ISS) deltog i visionsarbetet för att studera de snabba omställningarna i det internationella systemet och hur de kommer att påverka Europa. Arbetet redovisas i *The New Global Puzzle – What World for the EU in 2025?*¹⁵ I rapportens första del bedöms troliga utvecklingsvägar inom några nyckelområden: demografi, miljö, ekonomi, energi samt naturvetenskap och teknik. Avsnittet om energitrender grundar sig på IEA:s bedömningar (se avsnitt 3.2). Den andra delen fokuserar på politik, aktörer och regioner, medan den tredje och sista lyfter fram några nyckelaspekter för framtida internationella relationer och sammanfattar effekterna på EU:s långsiktiga utveckling.

En av slutsatserna är att globaliseringen kommer att fortsätta vara en faktor som formar världspolitik, ekonomi och kultur. Detta kommer att gagna befolkningen i snabbt växande ekonomier, men nyttan kommer att inte att fördelas lika – som speciella hot nämns brist på god samhällsstyrning och förvaltning, befolknings-explosion och miljöförstöring. År 2025 tror man att ett mer multipolärt internationellt system har utvecklats, med ökat inflytande från bland annat Indien och Kina och med det en maktförskjutning när det gäller att sätta den globala agendan. Samtidigt kommer länder även att vara mer beroende av varandra, inte bara ekonomiskt, utan även kring frågor som klimatförändringarna, knappa resurser och pandemier. Ett effektivt, internationellt samarbete kommer att krävas för att kunna hantera detta.

Arbetet ligger till grund för det fortsatta arbetet med förmågeutveckling, Capability Development Plan, inom ESFP och som inriktning för forskning och

¹³ Energy and climate change shape EU security strategy, EU Observer 2008-12-10 (<http://euobserver.com>)

¹⁴ EDA (2006)

¹⁵ Institute for Security Studies (2006)

försvarsindustri i Europa. Energiaspekter togs inte upp vad gäller den tekniska delen av arbetet.

2.7 USA: National Security Strategy, National Defense Strategy och Quadrennial Defense Review

Den nationella säkerhetsstrategin (NSS)¹⁶ sätter som mål ”a safer, more prosperous world for the benefit of all”. Strategin baseras på två pelare: att främja frihet, rättvisa och mänsklig värdighet genom att motverka förtryck, stödja utveckling av demokrati och utökat välbefinnande, och att möta vår tids utmaningar genom att leda en växande skara demokratier. Man eftersträvar en värld av väl fungerande stater som uppträder ansvarsfullt i det internationella systemet och där medborgarnas behov blir tillgodosedda. Detta för att på bästa sätt erbjuda långvarig säkerhet för det amerikanska folket.

Energiaspekter nämns avseende två områden: dels i samband med skapande av ekonomisk tillväxt, dels vad gäller samarbete med andra stater. I avsnittet om att skapa en ny tid av ekonomisk tillväxt genom fria marknader och frihandel nämns energiaspekter ett antal gånger. I 2002 års säkerhetsstrategi angavs utveckling av säker och miljövänlig energi som en viktig del för att utöka ekonomisk frihet och välbefinnande. I den genomgång som görs av framsteg sedan dess anges att man arbetat med handelspartners och energiproducenter för att möta det globala energibehovet: utöka antalet energisorter och -källor, skapande av öppna marknader och främjande av privata investeringar. Man har även samarbetat med industrialiserade länder och snabbt växande ekonomier kring väta, rena tekniker och avancerad kärnkraftsteknik. Tillsammans med Australien, Kina, Indien, Japan och Korea har USA bildat *the Asia-Pacific Partnership for Clean Development and Climate* för att påskynda användning av rena tekniker för att därigenom förstärka energisäkerheten och minska fattigdom och miljöförurening. Överenskommelsen har lanserats som ett bättre och mer långsiktigt alternativ till Kyotoprotokollet. USA är det enda industrialiserade landet som inte skrivit på Kyotoprotokollet (sedan Australien skrivit på). En av de främsta invändningarna är att Kyotoprotokollet inte omfattar utvecklingsländerna, när Kina och Indien är de länder som svarar för en stor ökning av utsläppen. Det anses därför betydligt bättre för miljön att satsa på ny, rena tekniker och effektivare energisystem som också kan spridas till utvecklingsländerna. Man ser ändå att

¹⁶ The National Security Strategy, <http://www.whitehouse.gov/nsc/nss/2006/index.html>

många utmaningar kvarstår, bland annat ett fortsatt beroende i många länder av olja från instabila delar av världen.

Vägen framåt för att åstadkomma energioberoende bedöms vara att öppna, integrera och diversifiera energimarknader. Ett litet antal länder står för en stor del av världens oljeproduktion, vilket inte anses vare sig ansvarsfullt eller hållbart. Diversifieringen bör ske både med avseende på de regioner från vilka energiresurserna kommer från och de energisorter man är beroende av. USA kommer därför att försöka få energiresursrika länder att öka sin transparens och därigenom främja demokrati, vilket i sin tur lockar nödvändiga investeringar. Här nämns the *Global Nuclear Energy Partnership* (se avsnitt 5.3), användning av inhemska koltillgångar genom utsläppsfria tekniker samt sol- och vindtekniker.

Förutom att minska beroendet av utländska energiresurser, anser man att man genom sin energistrategi hjälper till att lyfta 'petroleumförbannelsen'. Med detta avses att intäkter från olja ofta medför korruption och förhindrar ekonomisk tillväxt. I många av de oljeproducerande staterna blir en liten elit rik, medan folket förvägras tillgång till landets rikedomar. Ibland kan även intäkterna användas till aktiviteter som destabiliserar regionen.

I avsnittet om att utveckla samarbete med andra maktcentra pekas Centralasien ut som en prioritet i utrikespolitiken. Även om de fem länderna, och därmed de amerikanska relationerna, skiljer sig från varandra måste säkerhetsstrategins element (främjande av effektiva demokratier, utvidgning av fria marknader, diversifiering av energikällor samt förstärka säkerheten och vinna kriget mot terrorismen) beaktas i området. Man ser att Kina delar utmaningarna kring globalisering. Man ser möjligheter till samarbete kring gemensamma intressen, som terrorism, pandemier och energisäkerhet. Däremot anser man att Kina måste sluta agera i gamla banor, exempelvis vad gäller att låsa upp energitillgångar runt om i världen. Även stödet till resursrika länder, utan att beakta misstyre hos vissa av dessa regimer, kritiserar.

I den nationella försvarsstrategin, *National Defense Strategy* (NDS) 2008¹⁷, beskrivs hur det amerikanska försvarsdepartementet, Department of Defense (DoD), ska bidra för att uppnå målet för den nationella säkerhetsstrategin från 2006. NDS 2008 bygger på erfarenheter man gjort vid insatser på olika konflikt-nivåer och tidigare strategiskt arbete, bland annat 2006 års *Quadrennial Defense Review* (QDR). Både försvarsstrategin och QDR kan anses motsvara Försvarsberedningens underlag – NDS görs som årliga avstämningar medan QDR görs vart fjärde år i en mer ambitiös ansats.

¹⁷ National Defense Strategy, Department of Defense, 2008, www.defenselink.mil/pubs/2008NationalDefenseStrategy.pdf

Det amerikanska försvarsdepartementet har identifierat fem mål för sin verksamhet, för att uppfylla de mål som är satta i säkerhetsstrategin:

- att försvara nationen,
- att vinna kriget mot terrorismen,
- att främja säkerhet,
- att förhindra konflikter, samt
- att vinna nationens krig.

I strategin slås fast att man står inför ett brett spektrum av utmaningar, som extremistnätverk, fientliga regimer med massförstörelsevapen, naturkatastrofer och en ökande kamp om resurser. Man ser att stor osäkerhet kan skapas då fysiska påfrestningar, som befolkningstryck, energi- och annan resursbrist, klimat- och miljöbelastningar kombineras med snabba sociala, kulturella, geopolitiska och teknologiska förändringar. Detta förstärks av den allt snabbare förändringstakten och de komplexa sambanden mellan de olika trenderna. Trots att globalisering och ett växande ekonomiskt samspel skapar nya möjligheter, uppstår även nya sårbarheter. Dessa osäkerheter och utmaningar kring delvis motstridiga krav på ökad energitillgång för att upprätthålla ekonomisk tillväxt och hantering av klimatförändringen, måste beaktas i planeringen. Försvarsdepartementet ska agera på ett sätt som både hanterar och minskar osäkerheter. Man lyfter även fram några länder och regioner, med pågående problem som Iran och Nordkorea, men även kommande utmaningar som exempelvis Kinas utveckling kan innebära.

Man beskriver USA:s roll i världen och inser att amerikansk säkerhet är beroende av en global säkerhet. Därför ser man som en uppgift att bygga kapacitet i svagare länder att motstå internationella hot och aggressioner. Betydelsen av allierade betonas och samtidigt vikten av att inte enbart bygga på gamla partnerskap. Tillfälliga arrangemang för ett specifikt intresse kan ibland vara en lösning. Man ser även att partners har olika vilja och resurser att delta i olika typer av insatser.

Specifikt för energiområdet slås fast att världsekonomin behöver tillgång till energiresurser. Nuvarande trender pekar på ett ökat amerikanskt olje- och gasberoende från instabila områden. USA kommer att fortsätta att underhålla tillgången till och ett flöde av de energiresurser som världsekonomin behöver. DoD undersöker även sitt eget energibehov och vidtar åtgärder för att minska bränslebehovet. Samtidigt som kostnaderna sänks, ökar energisäkerheten och miljön gynnas.

I 2006 års Quadrennial Defense Review¹⁸ (QDR) anges att man vill erbjuda fler militära alternativ och nya förmågor för att kunna möta asymmetriska hot. Nya strategiska processer och organisatoriska strukturer ska utformas utifrån principer om transparens, innovation genom konkurrens, rörlighet, adaptivitet, samarbete och partnerskap. Transformationen ska ses som en förskjutning i tyngdpunkt för att bättre kunna möta den nya strategiska miljön, präglad av osäkerhet och överraskning. Några av förändringarna i synsätt är att övergå från ett reaktivt agerande till att istället vidta preventiva åtgärder och att inte planera utifrån hot, utan utifrån önskvärd förmåga.

Sedan terroristattacker 2001 har man arbetat med att göra amerikanska trupper rörligare och mer expeditionära. Med hjälp av tekniska framsteg inom bland annat informationsteknologi och precisionsvapen, kan mer stridskraft genereras från lika många eller till och med färre vapenplattformar och med lägre bemanning. Basernas placering har setts över, för att snabbare kunna vara på plats där man kan förutse oroligheter.

Energiaspekterna lyfts fram i form av att amerikanska kraftstationer och energinätverk är möjliga mål för icke-statliga aktörer, tillsammans med statliga anläggningar, finansiella system m.m. Man ser även en möjlighet att terroristnätverk kan hota eller attackera energitillförseln för att lamslå den globala ekonomin. Energitillgångarna i Centralasien pekas ut som både en möjlighet till ekonomisk utveckling och en möjlig risk att krafter utifrån försöker få inflytande över dem.

2.8 Diskussion: hur hanteras energifrågorna i försvarsplaneringen?

Några nedslag har gjorts i andra länders försvarspolitiska och försvarsstrategiska dokument. Då de olika dokumenten har tagits fram av olika instanser, med olika syften, försvåras en jämförelse mellan deras inriktning avseende energisystemets utveckling och dess betydelse för det militära försvaret.

I alla dokument erkänns energiförsörjningens strategiska vikt och därmed påverkan på säkerhetspolitiken. Det råder samstämmighet om att energiresurser nu och i framtiden kommer att utgöra en grogrund för instabilitet och en sårbarhet för konsumentländerna. Man ser en ökande efterfrågan och knapphet på energi, en koncentration av energiresurserna till redan instabila områden och risken med att länder ingår bilaterala avtal för att försäkra sig om tillgången till

¹⁸ DoD (2006)

energiresurser. Däremot berörs militära energilösningar för att säkra energitillförseln knappast alls på denna övergripande nivå.

Den svenska perspektivplanen pekar på strategiskt samarbete inom styrkeproduktion och logistik för att uppnå kostnadseffektivitet. Systemlikhet ökar även interoperabiliteten vid internationella insatser. Kopplat till logistik och systemlikhet finns förstås även frågor som berör energiförsörjning, även om de inte explicit lyfts fram i perspektivplanen. I det finska försvarsministeriets strategi påpekas att höga energipriser kommer att belasta försvarsbudgeten och även här betonas att materielsamarbeten, främst med de nordiska länderna, krävs för att man ska kunna anamma nya tekniker. Inte heller här pekas just energitekniker ut specifikt, men det är inte heller att vänta på denna strategiska nivå. Den franska perspektivplanen berör frågan om det ökade behovet av el i många försvarssystem, som medför krav på energiproduktion och -lagring. Det anges däremot ingen inriktning för hur detta behov ska tillgodoses. I EDA:s tekniska arbete finns i nuläget heller ingen studie som hanterar framtida energitekniker. Det stora amerikanska energiberoendet utpekas som en sårbarhet för nationen men även för de militära styrkorna. Försvarsdepartementet ska därför vidta åtgärder för att minska bränslebehovet och därigenom öka energisäkerheten.

Vår genomgång av såväl svenska som andra länders försvarspolitiska och försvarsstrategiska dokument visar att den allmänna uppfattningen är att energifrågorna är viktiga framtidsfrågor. Vi konstaterar dock att de nyanser (angående energifrågorna) som krävs för att direkt kunna överföra utländsk kunskap för svenskt nyttiggörande inte är tillräckligt utvecklade i dessa dokument. Vi väljer, i nästföljande kapitel, att ta ett steg tillbaka och studera ett antal icke-militärt inriktade (energi)omvärldsscenarier som en första utgångspunkt för den analys vi sedan gör för den svenska Försvarsmakten.

3 Energi i framtidsscenarier

I detta kapitel sammanfattas ett antal energiscenarier av olika karaktär liksom andra framtidsscenarier med nära kopplingar till energi. Syftet är att ge ett brett underlag inför analysen av hur omvärldsförändringar – främst med bäring på energi och energisäkerhet – kan påverka Försvarmaktens framtida uppgifter och krav på förmågor samt indirekt även förutsättningar för den egna energiförsörjningen. Kapitlet inleds med att diskutera olika sätt att analysera framtiden med hjälp av scenariometoder.

I efterföljande kapitel 4 förs en tematisk diskussion om potentiella konsekvenser av de omvärldsförändringar som beskrivs i de olika scenarioarbetena.

3.1 Vad är scenarier?

Scenarier är ett hjälpmedel i långsiktig planering inom näringslivet och även i den offentliga sektorn i flera länder. Även i vetenskapliga sammanhang används ibland scenarier, t.ex. för att beskriva framtida ekonomisk utveckling, klimatförändringar, värderingsförändringar bland människor och därigenom utrymmet för förändrad politik.¹⁹

Det finns olika sätt att studera framtiden, olika typer av scenarier och olika definitioner på vad som kan inrymmas i scenariobegreppet. Vi kommer att gå igenom en föreslagen scenariotypologi av Börjesson m.fl. (2006) och relatera de olika typerna till vår forskningsfråga.

Framtidsstudieområdet utvecklades parallellt i USA och i Europa efter det andra världskriget. Det militärindustriella komplexet i USA hade en stark tradition av teknisk prognostisering vilken utvecklades vidare vid RAND Corporation där fokus låg på vapensystemutveckling i relation till rådande säkerhetspolicy. Den starka (och jämna) ekonomiska utvecklingen i den industrialiserade världen under 1950- och 60-talen gjorde att prognosmetoderna blev framgångsrika – prognoserna stämde helt enkelt för det mesta. Prognoser, eller forecasts, tillhör en grupp som kallas *prediktiva scenarier*.

I samband med oljekriserna under 1970-talet och andra strukturella förändringar i samhället minskade prognosmetodernas status. Dessa hade inte lyckats förutspå förändringarna och tveksamheten inför att man kan förutsäga framtiden genom att göra framskrivningar baserat på historiska data ökade. Under denna tid utvecklade oljebolaget Shell – inspirerad av bl.a. amerikanen Herman Kahn – en

¹⁹ van der Heijden (1996)

metodik för att undersöka *olika möjliga framtida utvecklingar*, till skillnad från prognosernas fokus på *en trolig framtida utveckling*. Idén var att med hjälp av flera, i grunden olika scenarier vidga tänkandet om framtiden och ge ett bättre underlag för robusta beslut, d.v.s. beslut som ger ett gott resultat under flera tänkbara omständigheter. Denna typ av scenarier blir användbara om man inte endast kan lita på trender och införandet av scenarier i planeringssammanhang under 1970-talet var som sagt en reaktion på prognos- och trendansatsernas oförmåga att hantera områden med snabba förändringar och möjliga trendbrott.

I det läget behövde man bredda analysen av framtiden och då började man utveckla *omvärldsscenarier*, eller *externa scenarier*, som ett underlag för strategiska överväganden. Många andra företag följde efter och i dag används liknande ansatser också inom offentlig sektor. Vid sidan av benämningen omvärldsscenarier används begreppet *explorativa scenarier*.

I planering baserad på explorativa scenarier utvecklas en uppsättning kvalitativt olika scenarier för att hantera osäkerheten om vilken väg utvecklingen kan ta. Scenarierna fokuserar på den planerande organisationens omvärld och beskriver möjliga utvecklingar av sådant denna inte kan påverka, men som kan ha stor inverkan på den egna verksamheten. Sedan används scenarierna som underlag för att utveckla en strategi som kan fungera i de olika scenarierna, så kallad *robust planering*. Detta är grundtanken i en robust strategi. När framtiden är oviss, garderar man sig mot flera eventualiteter. Ibland kan man också hantera osäkerheterna genom s.k. *adaptiv planering*, vilket innebär att planeringen genomförs i form av flera successiva mindre beslut. På så sätt bevaras en handlingsfrihet och man kan anpassa de senare besluten efter den nya situationen. Även i detta fall är scenarier av värde genom att belysa behovet av handlingsfrihet.²⁰

Den sista kategorin kallas *normativa scenarier*. Ett exempel på sådan metodik är s.k. backcasting. Enkelt uttryckt handlar det om att formulera ett mål som ligger långt bort i tiden, t.ex. ”miljömässigt hållbara transporter i Sverige år 2050”²¹. Sedan undersöker man om nuvarande trender pekar åt rätt håll (d.v.s. använder prediktiva ansatser). Om så inte är fallet startar man vid målet och går stegvis bakåt (därför begreppet backcasting) och analyserar vilka förändringar som måste implementeras (liksom när det behöver göras) för att målet ska kunna nås.²²

²⁰ Dreborg & Johansson (2008)

²¹ Exemplet avser Åkerman et al. (2000)

²² Robinson (1990), Dreborg (2004)

Vi summerar;

- Prediktiva scenarier besvarar frågan – *vad kommer att hända?*
- Explorativa scenarier besvarar frågan – *vad kan hända?*
- Normativa scenarier besvarar frågan – *hur kan ett visst mål nås?*

De flesta förändringar inom energiområdet kräver ett långt tidsperspektiv. Självklart är att t.ex. infrastruktur både är långlivad och att ny sådan kräver stora investeringar där inte allt kan göras på en kort tid (av ekonomiska skäl). Ett annat exempel kan vara övergången till förnybara drivmedel inom transportsektorn. Detta tar teoretiskt sett minst 10-20 år, vilket motsvarar livslängden i nuvarande fordonsgeneration. Men det finns sannolikt inte tillräckliga volymer av alternativa drivmedel inom den tidsrymden. Omställningen skulle kräva stora omstruktureringar av jord- och skogsbruk världen över och sannolikt räcker inte den fruktbara marken till för både produktion av livsmedel och energi för jordens växande befolkning. Det skulle i sådana fall innebära att vi behöver transportera oss mindre för att resurserna ska räcka till, men det kräver i sin tur att vi börjar bygga om vårt samhälle så att mindre transporter krävs och så vidare... (infrastruktur har typiskt en livslängd på 50-70 år medan byggnader i regel har ännu längre livslängd).

Poängen med ovanstående exempel är att visa att energistudier kräver ett *långsiktigt* perspektiv. De exempel på scenarioarbeten vi redovisar i detta kapitel är tämligen långsiktiga men har olika energifokus; t.ex. energianvändning kopplat till ekonomisk utveckling, energiteknikutveckling, energi och klimatförändringar, energiproduktionsförmåga o.s.v. Ingen av de scenariostudier som redovisas har ett renodlat perspektiv med avseende på scenariotyperna vi beskrivit i detta avsnitt. Ofta används en kombination av explorativa och prediktiva ansatser (t.ex. World Energy Outlook) men ibland även med normativa inslag (t.ex. EU-kommissionen).

3.2 World Energy Outlook, IEA/OECD 2007 och 2008

IEA, International Energy Agency, bildades av ett antal OECD-länder²³ under oljekrisen 1973-74, för att kunna agera snabbt vid globala problem med oljetill-

²³ IEA består f.n. av 27 medlemsländer: Australien, Belgien, Danmark, Finland, Frankrike, Grekland, Irland, Italien, Japan, Kanada, Luxemburg, Nederländerna, Norge, Nya Zeeland, Portugal, Schweiz, Slovakien, Spanien, Storbritannien, Sverige, Sydkorea, Tjeckien, Turkiet, Tyskland, Ungern, USA och Österrike. Även Europeiska kommissionen deltar i IEA:s arbete.

försel. Mandatet har senare utvecklats till att även omfatta ekonomisk utveckling och miljöskyddsfrågor. Man ger årligen ut *World Energy Outlook* (WEO), med energitrender och -analyser på medellång och lång sikt. IEA är ett internationellt erkänt energiorgan, vars arbete ofta citeras av andra aktörer på området.

WEO 2007²⁴ fokuserar på Kina och Indien, vars starka ekonomiska utveckling tillsammans med deras storlek medför enorma behov av energi, som till stor del måste importeras. Dessa två länder påverkar och kommer att fortsätta att påverka det globala energisystemet under lång tid framöver. Man beskriver i tre prediktiva scenarier möjliga utvecklingar fram till år 2030 och försöker besvara frågan hur omställningen till en säkrare energisituation ska gå till, utan att hämma en ökad livskvalitet i dessa länder.

Referensscenariot speglar en situation då världens länder vidhåller nuvarande policys. Detta kommer att leda till att det globala energibehovet ökar med 1,8 % per år och att det år 2030 är mer än 50 % högre än idag, främst beroende på tillväxt i utvecklingsländerna. Indien och Kina svarar för nästan hälften av denna ökning. Fossila bränslen kommer att fortsätta att dominera och de energi-relaterade utsläppen av koldioxid kommer att fortsätta att öka. Många länder kommer att vara beroende av import av olja och gas, framför allt från Mellan-östern och Ryssland (förutsatt att stora investeringar i produktionskapacitet görs där) och problematiken kring klimatförändringar och energisäkerhet förstärks.

Energisystemet kommer enligt referensscenariot fram till 2030 att fortsätta domineras av fossila bränslen och svarar för 84 % av den sammanlagda ökningen mellan 2005 och 2030. Oljans andel minskar med några procent (från 35 till 32 %), men kommer att fortsätta vara den enskilt största energikällan. Kolet kommer att öka i betydelse, från 25 till 28 %, främst p.g.a. den ökande användningen i Kina och Indien. Kolet bli alltmer konkurrenskraftigt, då priset på olja och gas ökar. Kolanvändningen kommer även att bero på vilka policys som utvecklas rörande diversifiering, klimatförändringar och luftföroreningar och vilka tekniker som utvecklas för renare kraftgenerering från kol. Effektivare tekniker för elgenerering kommer att minska den mängd kol som krävs för att producera el, samtidigt som det kan leda till att kol används i högre utsträckning.

Alternative Policy Scenario vill visa på verkan och kostnader av att införa de policyförändringar vad gäller energisäkerhet och klimatpåverkan som redan nu diskuteras. I scenariot ökar energibehovet globalt med 1,3 % per år i perioden 2005-2030, en halv procentenhet mindre än i referensscenariot. Det globala energibehovet blir till följd av detta mindre än i referensscenariot och ökad energieffektivitet utpekas som det billigaste och snabbaste sättet. De energi-

²⁴ IEA WEO (2007)

relaterade koldioxidutsläppen är 19 % lägre än i referensscenariot, men är ändå en fjärdedel högre än idag.

De två föregående scenarierna förutsätter en avtrappning i Kinas och Indiens tillväxttakt. I *High Growth Scenario* har tillväxten istället antagits öka med 1,5 % jämfört med referensscenariot, utan några förändringar i energi- och klimat-policy. Scenariot testar sambandet mellan energibehov och tillväxttakt och följderna för den globala energihandeln och utsläpp av växthusgaser. Energi-behovet i de båda länderna blir som en följd 21 % högre år 2030. Globalt ökar energibehovet med 6 % jämfört med referensscenariot.

Ekonomisk tillväxt i Kina och Indien gynnar även omvärlden ekonomiskt. Ökad handel ger ömsesidiga ekonomiska fördelar. En risk är om andra länders ekonomiska policys pekar mot ökad protektionism, vilket kan minska de globala fördelarna med den starka tillväxten i Kina och Indien. Snabbare implementering av policys för att spara energi och minska utsläpp stärker däremot den globala ekonomin, genom bl.a. minskade kostnader för bränsleimport. Snabbare ekonomisk tillväxt och policys som ger rätt förutsättningar anses bana väg för snabbare utveckling och implementering av miljömässigt fördelaktigare tekniker.

I alla tre scenarierna ökar olje- och gasbehovet samt även beroendet av import. Mellanöstern, transitionsekonomierna, Latinamerika och Afrika kommer att exportera mer olja, alla andra regioner måste importera mer, vilket kan utgöra en risk för energisäkerheten i dessa länder. Detta gäller speciellt då den geografiska diversiteten i tillförseln är låg och man förlitar sig på sårbara tillförselvägar. Avbrott i tillförseln kommer troligen att öka oljepriserna, då oljeefterfrågan i den energikrävande transportsektorn är mer prisokänsligt.

Energisäkerheten utsätts även för risker på lång sikt, då ökande behov leder till ökande priser. Världens återstående oljetillgångar är till stor del samlade i ett fåtal länder: OPEC-medlemmarna i Mellanöstern och Ryssland. En risk är att produktionstakten hålls nere och att nödvändiga investeringar i produktionskapacitet inte görs. En sådan situation skulle påverka utvecklingsländerna starkt.

I referensscenariot i WEO 2008²⁵ har efterfrågan på primärenergi justerats till att öka något långsammare än förutspått i WEO 2007, p.g.a. högre energipriser (t.ex. bedöms oljepriserna öka från 100 USD/fat 2010 till 122 USD/fat 2030, detta är nästan dubbelt så högt som i WEO 2007) och lägre årlig ekonomisk tillväxttakt (3,3 % i stället för 3,6 %). Fossila bränslen kommer att svara för en något lägre andel i energimixen än idag. Oljeanvändningen är 9 % lägre 2030 i WEO 2008 jämfört med WEO 2007 och består till cirka 8 % av olja från icke konventionella

²⁵ IEA WEO (2008)

resurser. Elproduktion från förnybar energi växer klart snabbare än övriga elproduktionsslag. Som en följd av nya regler bedöms också den specifika bränsleanvändningen inom transportsektorn minska och användningen av biodrivmedel öka. Till 2030 börjar också koldioxidavskiljning och lagring (CCS, Carbon Capture and Storage) komma till användning.

Ett nytt angreppssätt för WEO 2008 är att man även skapar stabiliserings-scenarier där man studerar hur energisystemet kan utvecklas för att bidra till att stabiliseringsnivåer på 550 ppm respektive 450 ppm koldioxidekvivalenter i atmosfären. Det senare scenariot är det som kan bedömas ligga närmast bl.a. EU:s klimatpolitiska ambitioner. Scenarierna tas huvudsakligen fram för att variera det globala priset på koldioxid – i scenariot med 450 ppm når priset på koldioxid 180 USD/ton år 2030.

Jämfört med referensscenariot innebär stabiliseringsscenario 450 ppm hälften så snabb ökning av energianvändningen, 0,8 % per år istället för 1,6 %. Användningen av kol mer än halveras jämfört med referensscenariot medan förnybar energi och kärnkraft ökar mycket snabbare än i referensscenariot. CCS får en betydande spridning för elproduktion till år 2030. Striktare reglering av energianvändningen i vägfordon leder även till betydligt lägre oljeanvändning än i referensscenariot. El- och hybridfordonsanvändningen ökar kraftigt 2030.

Kommentar:

Eftersom WEO bygger på prediktiva scenarier ligger det i sakens natur att inte förutse några trendbrott för de ingående variablerna eller att små och stegvisa kontinuerliga förändringar leder till enskilda större konsekvenser och situationer, d.v.s. att kontinuerligt ökande importberoende och minskad energisäkerhet t.ex. inte leder till några kriser som bryter tillväxtutvecklingen. I detta sammanhang kan man dock notera att ett ökat externt beroende hos fler länder och regioner ska tillgodoses av ökad produktion av färre länder (t.ex. Mellanöstern och Ryssland) jämfört med idag. WEO 2007 lyfter särskilt fram tillväxtökningen i Kina och Indien. Man kan hävda att det gör dessa länder mer sårbara men å andra sidan handlas olja på en global världsmarknad, vilket gör alla oljeanvändare mer sårbara oavsett var tillväxten sker. Om trenden med ökad nationalisering av (råvaru- och) energitillgångar förstärks (t.ex. Ryssland och Venezuela) och stormakter på olika sätt säkrar framtida energitillgångar i utlandet för egen del (t.ex. Kina och USA) så kan den slutsatsen – som bygger på en hög grad av fri handel – komma att försvagas.

3.3 Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050, IEA 2006 och 2008

IEA har också utarbetat energiteknikscenarier, som svar på en förfrågan från G8 hur man kan nå en energiframtid som är "clean, clever and competitive". I den första delen av *Energy Technology Perspectives 2006* skisseras därför scenarier för energibehov och -efterfrågan till 2050 inklusive utvecklingen av koldioxidutsläppen. Scenarierna beskriver den roll existerande energitekniker, eller de som är under utveckling, kan spela på framtidens energimarknader.²⁶

Här återfinns även teknikstrategiska modeller och forskning och utveckling för en hållbar energiframtid. I grundscenariot är koldioxidutsläppen 2050 ca två och en halv gång större än de är idag. Kol får ökad betydelse för kraftgenerering, främst p.g.a. snabbt växande utvecklingsländer med egna koltillgångar och ökad användning av kol vid produktion av flytande transportbränslen.

I den andra delen görs en genomgång av energitekniker och en analys av vilka tekniker som ur hållbarhetssynpunkt är bäst att satsa på. I fem s.k. accelererade teknikscenarier (ACT) visas att man kan styra in mot en mera uthållig energiframtid med redan idag till buds stående teknik, eller teknik som idag verkar lovande ur effektiviseringssynpunkt. ACT visar hur de energirelaterade koldioxidutsläppen kan återföras till nuvarande nivå till 2050 och hur den förväntade efterfrågan på olja och elektricitet minskas genom rena/gröna och mer effektiva energitekniker. De stora förändringarna grundas på;

- ökad energieffektivitet i transport-, industri- och byggnadssektorerna,
- kraftgenerering med kärnkraft, förnybara källor, naturgas, ren kolteknik och avskiljning och lagring av koldioxid (CCS), samt
- ökad användning av biobränslen för vägtransporter.

För att lyckas måste stora investeringar göras i både den privata och den offentliga sektorn. Samarbete mellan i- och u-länder, industrin och offentliga beslutsfattare, regeringar o.s.v. är en avgörande komponent. Man bör agera snabbt, för att inte riskera att de stora ekonomier som nu utvecklas, som Kina och Indien, låser in sig i gammal teknik.

I alla scenarier står trots allt fossila bränslen för större delen av världens energi och efterfrågan på dessa är större än idag. Investeringar även i konventionella energikällor är därför fortfarande nödvändigt. I alla scenarier fortsätter dessutom

²⁶ IEA ETP (2006)

efterfrågan på energi att öka, både i i- och u-länder. Scenarierna visar hur denna efterfrågan kan tillgodoses genom implementering av policys rörande exempelvis forskning, utveckling och demonstration, spridning av teknik och kunskap, liksom ekonomiska incitament att tillämpa gröna energitekniker. Samma policys anammats i alla scenarier, däremot skiljer sig takten med vilken energibesparingar kan åstadkommas, hur kostnader för nya tekniker kan minskas och hur teknikerna kan spridas.

Ett resultat av arbetet är att det går att åstadkomma en säkrare och mer hållbar energiförsörjning i framtiden, men det kräver omedelbara och kraftfulla åtgärder både politiskt och genom ekonomiska incitament. IEA:s scenarier innehåller endast de teknologier som vid fullständig kommersialisering har en uppskattad extra kostnad på max 25 USD per ton koldioxidsutsläpp som undvikits. Detta för att det är nödvändigt att välja ut de teknologier som har lägst kostnad. Som en intressant jämförelse anges att denna kostnad är mindre än snittpriset för europeiska utsläppsrätter under de första fyra åren.

Man har även belyst de 17 tekniker som man tror kan ge de största bidragen för en hållbar energiframtid, genom att beskriva vilka åtgärder som måste vidtas, och när, för att dessa ska komma till sin fulla rätt. Teknikerna redovisas i tabellen nedan:

Produktion	Användning
Elproduktion från fossila bränslen med CCS-teknik	Energieffektivisering i byggnader och apparater
Kärnkraft	Värmepumpar
Vindkraft på land och till havs	Sol för uppvärmning och varmvatten
Biomassabaserad IGCC ²⁷ och samförbränning	Energieffektivisering inom transportsektorn
Solceller	Elektriska fordon och plug-in-hybrider
Termisk solelproduktion	Vätgasdrivna bränslecellsfordon
Kolbaserad elproduktion via IGCC	Industri med CCS- och vätgasteknik, samt bränslekonvertering
Ultra-superkritiska tekniker för kol	Industriella elmotorsystem
Andra generationens biobränsle	

²⁷ Integrated Gasification Combined Cycle.

Man har tagit fram två scenariouppsättningar, ACT och BLUE, där de första visar hur de globala koldioxidutsläppen kan återföras till dagens nivåer år 2050. BLUE-scenarierna visar istället hur man kan nå en halvering av utsläppen till år 2050, vilket IPCC menar är nödvändigt för att begränsa jordens medeltemperaturökning till 2,4 °C.

I ACT-scenarierna används befintliga eller långt utvecklade energitekniker. Man har här räknat med en marginalkostnad på 50 USD per reducerat ton koldioxidutsläpp vid full kommersialisering.

BLUE-scenarierna innebär ännu större kostnader, och dessutom större osäkerhet, då det blir nödvändigt att använda sig av tekniker som fortfarande är under utveckling. Man har här räknat med 200 USD per ton insparad koldioxid, men denna siffra kan stiga om teknikerna inte når förväntad potential. BLUE-scenarierna inbegriper även högre kostnader för att täcka FoU och investering i teknologier som inte ännu är konkurrenskraftiga. Dock innebär de nya teknikerna och ökad energieffektivitet att bränslekostnaderna i många fall sjunker drastiskt.

I båda scenariouppsättningarna är efterfrågan på fossila bränslen stor, även om den är mindre än i referensscenariot, i BLUE-scenarierna är efterfrågan på olja år 2050 till och med en fjärdedel lägre än idag. Detta innebär att investeringar även i dessa tekniker, framför allt för utvinning fortfarande krävs.

Även vad gäller policy för energisektorn måste man agera tidigare och mer långtgående i BLUE än i ACT-scenarierna. Teknikansvariga för internationella energiföretag lyfte fram betydelsen av tydliga och långsiktiga policys och ekonomiska incitament för koldioxidreduktion, annars kommer industrin inte vara villig att göra de enorma investeringar som krävs.

Energy Technology Perspectives 2008 beskriver hur den globala energiekonomin behöver transformeras de kommande årtiondena. Analyserna bygger på IEA:s World Energy Outlook. Man har tagit samma referensscenario för 2030 och dragit ut det till 2050. I 2008 års analys har man dessutom använt sig av IPCC:s rapport från 2007. Man ger en bild av nuläge och framtid för existerande och kommande gröna energitekniker och beskriver genom scenarier hur dessa i kombination kan åstadkomma den nödvändiga förändringen. Även analysen 2008 visar att det genom tekniken går att nå en hållbar energiframtid, men att åtgärder måste vidtas nu för att nå full potential. Ökad energieffektivitet, koldioxidavskiljning och lagring, förnybara bränslen, kolfria transporter och kärnkraft är alla viktiga beståndsdelar i en sådan utveckling. Industrin behöver långsiktighet i policys kring nya energitekniker för att våga göra nödvändiga investeringar. Även samarbete mellan de stora ekonomierna krävs, då OECD-länderna står för kring en tredjedel av koldioxidutsläppen i business as usual-scenariot.

Kommentar:

Energy Technology Perspectives 2008 baseras på World Energy Outlook i den mening att grundscenariot är prediktivt m.a.p. efterfrågan på de nyttigheter som produceras med hjälp av energi och i viss mån även ekonomisk tillväxt (som dock justeras nedåt p.g.a. de kostnader som minskade koldioxidutsläpp innebär). Teknikutvecklingsscenarierna – d.v.s. hur den energin ska produceras – är däremot normativa. En stor tilltro sätts till teknikutveckling och de policys som ska skapa incitament för teknikutvecklingen. Man förutsätter ett globalt samförstånd och inte minst ett väl utvecklat samarbete mellan de stora ekonomierna. Indirekt förutsätts dessutom någon form av gemensam prissättning på utsläpp av växthusgaser, vilket i dagsläget går emot dagens policy i de stora ekonomierna.

3.4 Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050, WEC 2007

World Energy Council, WEC, är en världsomspännande NGO som representerar företag och organisationer i ungefär 100 länder. WEC arbetar över hela energisektorn och verkar för en hållbar tillförsel och användning av energi. Vart tredje år anordnar man en Världsenergikonferens, den senaste i Rom hösten 2007 med temat ”Energiframtiden i en värld av ömsesidigt beroende”.

WEC har tagit fram en energipolitisk scenariobild för 2050.²⁸ Studien fokuserar på policys för att nå en hållbar energiframtid. Man använder tre hållbarhetsmål, de tre A:na, för den framtida energiförsörjningen i världen. Den ska vara modern och rimligt prissatt (*Accessible*), ge pålitlig och säker tillförsel (*Available*), och motsvara sociala och miljömässiga mål (*Acceptable*).

WEC konstaterar att det finns tillräckligt med energi, utmaningen ligger i överföringen mellan källa och användare. Man lägger fram fyra policyscenarier för att uppnå hållbara och säkra energileveranser i framtiden. Scenarierna är inplacerade utmed två axlar, en representerar inblandning av staten och den andra graden av samarbete och integration. Statens inblandning kan ta tre former: den kan vara engagerad och göra vad som krävs för att energisystemen ska fungera optimalt, den kan vara involverad genom exempelvis viss konkurrens som kan störa marknadsmekanismerna och den kan genom sina åtgärder hindra marknaden och energisystemen från att fungera. Samarbete och integration kan ske mellan stater, mellan det privata och det offentliga eller mellan företag. Scenarierna symboliseras av olika djur:

²⁸ WEC (2007): *Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050*

- Leoparden representerar en situation med liten inblandning av staten och begränsat samarbete och integration mellan den offentliga och privata sektorn.
- Elefanten karakteriserar situationen där staten styr genom policys, men inte samarbetar med andra nationer eller med den privata sektorn.
- Giraffen beskriver en situation där marknadskrafterna styr med liten inblandning av staten, men med starkt samarbete mellan det offentliga och det privata.
- Lejonet står för en stark inblandning av staten och ett effektivt samarbete mellan den offentliga och privata sektorn, både inom landet och internationellt.

För att värdera hur olika proaktiva policys kan medverka till att uppnå en önskvärd energiförsörjning (d.v.s. som uppfyller de tre A:na) har bl.a. följande nyckelindikatorer använts: tillväxt i BNP och demografisk tillväxt som driver efterfrågan; energimixer i termer av olja, gas, kol, kärnkraft och förnybar energi; utsläpp av växthusgaser; samt balans i utbud och efterfrågan för respektive energikälla liksom prisförändringar regionalt eller på respektive marknad.

Effekterna beskrivs mer ingående för regionerna Afrika, Asien, Europa, Latinamerika och Karibien samt Nordamerika.

I lejonscenariot delar stater erfarenheter och kunskande, främst för att åstadkomma grundläggande mänskliga rättigheter och bekämpa fattigdom. Man samarbetar kring energifrågor för hållbar utveckling. Växthuseffekten och knapphet i energitillgång är föremål för internationella förhandlingar och avtal. Att öka tillgång till energi ställer samtidigt krav på energinfrastrukturen. Utveckling av effektivare tekniker kräver finansiering, vilket samtidigt behöver stimuleras genom bl.a. proaktiva energipolicys, ekonomiska incitament och mellanstatliga avtal. Dock står vissa mål mot varandra, t.ex. kan förbättrad teknik i fattiga länder stimulera energianvändningen och sätta press på minskad energianvändning i i-länder. Detta behöver visserligen inte vara ett problem, så länge som effekterna endast är på kort sikt och en ökad global produktivitet blir resultatet. Vidare kan hanteringen av miljöeffekter inverka negativt på BNP.

I giraffscenariot är ekonomisk utveckling den främsta drivkraften. Marknaden betonas för att gynna tillväxt, genom internationell handel och energi till hanterbara priser. Statens inblandning begränsar sig till marknadsregleringar. Genom marknadskrafterna gynnas uppkomsten av nya tekniker och överföring av dessa. De länder som inte liberaliseras hamnar på efterkälken när entreprenörerna söker mer attraktiva marknader, vilket leder till en neråtgående spiral för dessa länder.

Kol ökar i användning, men CCS-tekniker är inte vanligt förekommande i utvecklingsländer p.g.a. resursbrist. Risk för prischocker på energi föreligger, då staten inte agerar proaktivt med policys, men den öppna världsekonomin har förmåga att återhämta sig. Framgång i detta scenario beror på om marknaden kan föda tekniker som ökar säkerheten och minskar utsläppen av växthusgaser.

I leopardscenariot är inhemsk ekonomisk tillväxt den främsta drivkraften och länderna arbetar med sin egen energitillförsäkerhet. Världsmarknadskrafterna hindras av nationella barriärer för att skydda den lokala produktionen, vilket riskerar leda till högre priser och lägre effektivitet. Staten använder få skatter och bidrag. Staten reagerar långsamt på energishocker och global konjunkturlångsamt. De länder som har kapacitet att stimulera innovation klarar sig ändå väl. Frånvaron av internationellt samarbete och globala marknadsmekanismer som stimulerar erfarenhets- och tekniköverföring, förvärrar de fattiga ländernas situation. Osäkerheter leder till långsammare ekonomisk tillväxt och underinvesteringar i energisektorn. Scenariot tenderar att gynna de som redan har, då det inte finns något samarbete för att stödja den fattiga delen av världen.

Elefantscenariot medför att staten gör energisäkerheten till en högt prioriterad fråga för att stödja ekonomisk tillväxt, genom att diversifiera försörjningen (källor och leverantörer), utveckla inhemska resurser, kontrollera export och säkra import genom bilaterala avtal. För att hantera eventuell drivmedelsbrist kan staten initiera projekt för att omvandla kol och gas med lämpliga länder, utvinning av olja från tjärsand, biobränsleprojekt, bidrag till utveckling av tekniker för förnybar energi m.m. Detta kan leda till att olje- och gasresurser blir tillgängliga på marknaden, vilket skulle motverka prischocker. Å andra sidan kan olika bilaterala arrangemang få motsatt effekt. Fokuseringen på energisäkerhet leder till en ekonomisk tillväxt som är snabbare än i leopardscenariot, men inte lika snabb som i lejon- eller giraffscenarierna. Energiintensiteten minskar (d.v.s. ökad energieffektivitet) och energibehovet avtar så småningom. Brist på internationellt samarbete medför dock att utsläppsminskningarna är begränsade.

Sammantaget anses lejonscenariot vara det bästa för att uppnå en gynnsam energiförsörjning. Scenariot skapar de bästa förutsättningarna för att bibehålla en stark global ekonomi, samtidigt som energiintensiteten sänks, klimatpåverkan minskar och tillgången till moderna energikällor och -tjänster ökar.

Den viktigaste slutsatsen är att för att täcka det globala energibehovet så måste energiutbudet fördubblas till 2050. Då fossila bränslen kommer att fortsätta vara den främsta källan till primärenergi, måste klimateffekterna samtidigt hanteras. Högre energipriser anses vara den främsta drivkraften, som kommer att leda till högre energieffektivitet och mer investeringar i infrastruktur. Samtidigt krävs stora insatser i forskning och utveckling av renare och effektivare tekniker samt

implementering av dessa. Regeringar måste etablera globala regler för energihandel samt verka för ökat samarbete och integration i olika regioner liksom med den privata sektorn.

Kommentar:

WEC:s scenarioarbete är ett exempel på explorativa scenarier, d.v.s. *vad kan hända?* Det finns också ett normativt inslag – samtliga scenarier ska (åtminstone ha rimlig möjlighet att) uppfylla vissa mål för energiförsörjningen. För att nå de satta målen anses lejonscenario vara det bästa, d.v.s. stark statlig inblandning samt effektivt samarbete mellan offentligt och privat på nationell och internationell nivå. Man kan därför säga att WEC kommer fram till ungefär samma slutsats som IEA – att globalt samförstånd och samarbete är nödvändigt liksom gemensamma regelverk för energi och utsläpp av växthusgaser. Lejonscenario anses också vara den omvärldsutveckling som leder till minst sociala spänningar mellan fattiga och rika och därigenom minskar risken för konflikter.

3.5 Global Climate Policy Scenarios for 2030 and beyond, EU-kommissionen 2007

EU har antagit ett klimatmål om att begränsa den globala temperaturhöjningen till 2 grader år 2100, jämfört med den förindustriella nivån. EU-kommissionen gav i början av 2007 ut skriften *Att begränsa den globala klimatförändringen till 2 grader Celsius – Vägen framåt mot 2020 och därefter*.²⁹ De förslag och valmöjligheter som gavs, riktade mot Europeiska rådets vårmöte, byggde på ett scenarioarbete utfört av kommissionens Joint Research Centre: *Global Climate Policy Scenarios for 2030 and beyond*.³⁰

Tre huvudscenarier togs fram: ett referensscenario, ett 'business as usual' (bau), och ett scenario där utsläppen av växthusgaser minskas tillräckligt för att uppnå 2-gradersmålet. I referensscenario tas hänsyn till de energibesparingar som görs p.g.a. ett ökat medvetande om riskerna förknippade med stort externt energiberoende. Detta scenario visar att utsläppen av växthusgaser kan sänkas betydligt, men att ytterligare åtgärder krävs för att nå 2-gradersmålet. Det tredje scenario behandlar därför energieffektivitetsvinster och klimatpolicy för att uppnå målet med 25 % lägre utsläpp av växthusgaser globalt (jämfört med 1990) till år 2050. Då endast i-länderna har bindande avtal för att minska sina utsläpp

²⁹ COM (2007a)

³⁰ Russ et al. (2007)

av växthusgaser, krävs 30 % och 50 % reduktion fram till år 2020 respektive år 2030.

I bau-scenariot dominerar användning av fossila bränslen. Trots energieffektiveringar, medför ekonomisk tillväxt att utsläppen av växthusgaser ökar med 86 %. Från utvecklingsländerna tredubblas utsläppen över perioden. 2-graders-scenariot visar att det är möjligt att nå 2-gradersmålet om i-länderna minskar sina utsläpp med 60 %, medan u-länderna kan begränsa sin ökning till dryga 40 %. I detta scenario antas att handeln med utsläppsrätter inte kommer att fungera lika effektivt i alla sektorer, vilket beskrivs som en ny ansats. Eftersom olika länder dessutom antas ansluta sig vid olika tidpunkter beroende på ekonomisk utveckling, kommer utsläppskostnaderna att vara differentierade. År 2030 beräknar man att alla sektorer kommer att ha samma pris på utsläppsrätter (ca 65 €/ton CO₂-ekvivalent), förutom i de länder med sämst ekonomisk situation, där det ligger på ungefär en tredjedel. Scenarioarbetet visar dessutom att utan samarbete med utvecklingsländer, d.v.s. om endast i-länderna kan reducera sina utsläpp, kommer de globala utsläppen att öka med en tredjedel.

Upp till halva utsläppsminskningen kan uppnås genom energibesparingar i alla sektorer. Detta drivs av höga priser på utsläppsrätter och genom upprättande av energieffektivitetsstandarder. En annan nyckelfaktor för utsläppsminskning är en övergång till bränslen med lägre koldioxidutsläpp och CCS, speciellt inom kraftsektorn. Trots en ökning av elanvändningen har utsläppen förknippad med elproduktionen år 2050 sjunkit till en femtedel av 2005 års nivå. Istället för kolbaserad generering används förnybara källor och kärnkraft. Efter år 2020 ökar användande av CCS, för att 2050 dominera vid användning av fossila bränslen för elproduktion.

Scenarierna har utvecklats med hjälp av två jämviktsmodeller, POLES och GEM-E3. Dessa har använts integrerat för att utvärdera tekniska och ekonomiska alternativ för att minska de globala växthusgasutsläppen. POLES har gett insikter om hur energisektorn svarar mot olika klimatpolicyåtgärder och därigenom möjliggjort beräkningar av kostnader för utsläppsminskningarna.³¹ GEM-E3 har använts för att studera hela ekonomin och hur BNP och hushållen påverkas av klimatpolicy.

En genomsnittlig årskostnad för att omforma det globala energisystemet beräknas till 0,4 % av BNP för åren 2013-2030. För ekonomin som helhet minskar BNP med 0,19 % jämfört med bau-scenariot, för EU-27 är denna siffra

³¹ POLES beaktar utsläpp från industrin, dock inte från jordbruk eller annan markanvändning. Dessa utsläpp har projicerats från andra modeller.

0,24 %. De flexibla mekanismer³² för utsläppshandel man antagit, som tillåter att länder köper utsläppsrätter från varandra, anses nödvändiga för att begränsa kostnaderna för en långtgående klimatpolicy.

Kommentar:

EU:s energipolitik syftar till att göra energiförsörjningen hållbar, säker och konkurrenskraftig.³³ Detta scenarioarbete fokuserar främst på klimatfrågan som givetvis har bredare relevans eftersom det finns synergier mellan de energipolitiska målen. Något motsvarande scenarioarbete för energisäkerhet eller tillförseltrygghet finns dock inte. Däremot finns det teknikscenarier (avsnitt 3.6), men framför allt policy- och strategidokument som i viss mån knyter an mer till energisäkerhetsfrågan (se avsnitt 5.1).

3.6 World Energy Technology Outlook - 2050, EU-kommissionen 2006

Projektet, som går under beteckningen WETO-H₂, gör en prognos över världens energisituation för tiden fram till 2050³⁴ och ska därigenom utgöra ett stöd för EU:s policyer rörande energi, teknik och miljö. Studien har tagit fram långsiktiga projiceringar av energiefterfrågan, -tillgång och -pris för olika regioner, men fokuserar på europeiska frågeställningar (som förnybar energi och reduktion av koldioxidutsläpp). Man utvärderar även inverkan och konsekvenser av tekniska genombrott på både produktions- och konsumtionssidan.

Tre scenarier har tagits fram för att utforska alternativ för teknik och klimatpolicy efter 2050. I ett referensscenario beskrivs hur utvecklingen av världens energisystem skulle se ut vid en förlängning av dagens ekonomiska och tekniska trender. Ett scenario beskriver en situation där man siktar på att begränsa koldioxidnivån i atmosfären genom långtgående policyer mot användning av fossila bränslen. Det tredje scenariot bygger på föregående, men här har dessutom mer kostnadseffektiva vätgastekniker utvecklats. Alla projektioner av den globala energisektorn har simulerats fram med POLES (se även avsnitt 3.5) och beskriver utvecklingen av nationella och regionala energisystem och deras interaktion på internationella energimarknader.

³² I Kyotoprotokollet ges i-länder alternativ för hur utsläppsmålen nås. De flexibla mekanismerna finns beskrivna på Naturvårdsverkets hemsida, <http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Klimatpolitiken/Internationell-klimatpolitik/Flexibla-mekanismer>

³³ COM (2006a)

³⁴ COM (2006b)

I referensscenariot mer än fördubblas den globala energianvändningen. Denna ökning skulle kunna vara ännu större då världsekonomin har ökat fyra gånger, men energieffektivitetshöjningar och höga energipriser begränsar ökningen. Utvecklingsländerna står år 2050 för drygt 60 % av energianvändningen. Fossila bränslen svarar för 70 % av den energi som används. Man ser en ökning i energi-produktion från icke-konventionell olja och naturgas, efter år 2025 respektive 2035, eftersom produktion av konventionell olja planar ut. Som en följd av de knappare tillgångarna ökar priserna. Återstående 30 % kommer till ungefär lika stor del från förnybara källor och kärnkraft. Produktionen av el ökar 4 gånger, varav en stor del kommer från kol. Från 2020 ökar användningen av förnybara källor och kärnkraft, genom nya tekniker inom vindkraft till havs (off shore) och fjärde generationens kärnkraftverk.

I scenariot med begränsning av koldioxidhalten är de globala utsläppen ändå 25 % högre år 2050 än 1990. Efterfrågan på energi är lägre än i referensscenariot och förnybara källor och kärnkraft står var och en för mer än 20 %, för produktion av el är siffrorna ännu större. Kolkonsumtionen minskar, trots möjligheten till CCS.

I vätgasscenariot är energiefterfrågan bara 8 % lägre än i referensscenariot, men det är stora skillnader med avseende på energikällor. Andelen fossila bränslen är cirka 60 % och efterfrågan på kol är bara ungefär hälften jämfört med i referensscenariot, trots att CCS-tekniker antas ha blivit billigare. Andelen energi från kärnkraft och förnybara källor ökar, framför allt mellan 2030 och 2050. Detta beror dels på att det är stora kostnader förknippade med koldioxidutsläpp och dels på en ökad efterfrågan på vätgas.

Kommentar:

De tre scenarierna skiljer sig inte särskilt mycket vad gäller total global energianvändning. Däremot är det stor skillnad mellan de olika energisystemen, eller snarare energibärsystemen. I vätgasscenariot kvarstår de fossila bränslena trots allt med cirka 60 % (70 % i referensscenariot), men CCS-teknik används. Man kan därför hävda att trots att energisystemet i vätgasscenariot synbart har genomgått en stor förändring så kvarstår till stor del liknande förhållanden vad gäller var energiråvaror utvinns och sannolikt även var de raffinerar, liksom mellan vilka regioner de distribueras. I scenariot med fokus på koldioxidbegränsning kan man dock räkna med mer diversifierad och lokal produktion tack vare ökningen av förnybara källor samt kärnkraft. En slutsats – som dock bör dras med viss försiktighet – skulle kunna vara att eftersom vätgassamhället kan bidra till fortsatt beroende av fossil energi, så kvarstår beroendet av energinsatsråvaror som är koncentrerade till ett fåtal ställen på jorden. (Det vätgas-

samhälle som ofta skisseras i mer miljöinriktade framtidsstudier baseras främst på vätgasframställningen med hjälp av sol- och vindenergi.)

3.7 Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future, InterAcademy Council 2007

The InterAcademy Council (IAC) bildades år 2000 av en rad vetenskapliga akademier. IAC ger ut rapporter i frågor kring naturvetenskap, teknik och hälsa, till stöd för regeringar och internationella organisationer som FN och Världsbanken.³⁵

IAC konstaterar i rapporten *Lighting the Way* att hållbar energi inte enbart innebär att säkra rätt mängd och typ av energi för att möta framtida behov, utan även att göra det på ett sätt som bevarar de naturliga systemen, ger tillgång till modern energi för de två miljarder människor som i nuläget saknar detta och som även minskar de säkerhetsrisker som är förknippade med en ökad konkurrens om ojämnt fördelade energiresurser. IAC har undersökt de alternativ som finns när det gäller teknik och resurser och som troligen kommer att vara betydelsefulla för en hållbar energiframtid. De har även kartlagt vilka behov som finns avseende policy, forskning och utveckling för att möta de utmaningar som finns. Panelen bakom arbetet kommer fram till nio slutsatser med tillhörande rekommendationer, varav de med starkast koppling till säkerhet lyfts fram nedan:

- Ekonomisk konkurrenskraft, energisäkerhet och miljöhänsyn talar alla för kostnadseffektiva, energieffektiva lösningar.
- En viktig säkerhets- och utvecklingsaspekt av konkurrenssituationen kring olja och gas är att i många u-länder drar utgifter för energiimport knappa resurser från andra angelägna områden, såsom sjukvård, utbildning och infrastruktursatsningar.
- Utbyggnad av kärnkraft kan bidra till att sänka koldioxidutsläppen, men frågor kring säkerhet (teknisk), teknikspridningsrisker och kapital-kostnader måste lösas för att den ska ha en framtid som en hållbar energikälla.

³⁵ I IAC:s styrelse sitter ordföranden för femton akademier från Brasilien, Chile, England, Frankrike, Indien, Iran, Japan, Kina, Malaysia, Turkiet, Tyskland, Ungern och USA, från the African Academy of Sciences och the Academy of Sciences for the Developing World (TWAS), samt representanter från the InterAcademy Panel (IAP), the International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences (CAETS), och the InterAcademy Medical Panel (IAMP).

- o Tekniker för att fånga koldioxid från fossila bränslen bör utvecklas för att kostnadseffektivt hantera koldioxidutsläpp. Detta kan bli speciellt viktigt då kol kommer att spela en stor roll för den globala energianvändningen: det är världens mest förekommande fossila bränsle, det bidrar med mest koldioxidutsläpp per energienhet av de fossila bränslena, det byggs idag många kolkraftverk som kommer att vara i drift många år samt det finns en risk att användningen ökar ytterligare om länder med stora kolreserver (USA, Kina, Indien) utvecklar alternativ till olja för att öka energisäkerheten.
- o Biobränslen har möjlighet att samtidigt hantera behov av minskad klimatpåverkan och ökad energisäkerhet.

Man konstaterar att det finns behov av förändring både vad gäller produktion och konsumtion av energibärare. Marknader kommer inte att producera det önskvärda resultatet om inte rätt incitament finns. Staten har alltså en viktig roll att fylla vad gäller att skapa de rätta förhållandena och stödja långsiktig investering i ny infrastruktur, energiforskning och högrisktekniker. Ansvar för en hållbar energiframtid sträcker sig dock ner på individnivå, för att ta till sig och effektuera förändringar i energiresurser och användning.

Kommentar:

Lighting the Way är egentligen inte något scenarioarbete utan snarare en normativ utblick där vissa nyckelområden pekas ut för att nå en rättvis fördelning av, samt en hållbar användning, av energiresurser. Flera av slutsatserna och rekommendationerna har direkta eller indirekta kopplingar till säkerhet. Liksom i en del av de tidigare beskrivna scenarioarbetena lyfter man fram att högre energipriser gynnar de som redan har, men man poängterar också särskilt problemet att för u-länder utan egna energitillgångar medför högre energipriser att kostnaderna för energiimport stjälar resurser från angelägna investeringar i de sociala sektorerna samt i samhällsuppbyggnaden – vilket hämmar både social och ekonomisk utveckling och kan bidra till ytterligare klyftor och spänningar mellan den rika och fattiga delen av världen.

Man lyfter också fram den potentiella konflikten mellan energisäkerhet och klimatsäkerhet. När det handlar om energisäkerhet särskilt framhålls risken att sådana problem möts genom massiva satsningar på kol.

3.8 Shell Energy Scenarios to 2050

Shell lanserade 2008 två scenarier som beskriver alternativa utvecklingsvägar för framtidens energi.³⁶

I det första, *Scramble*, som närmast kan betraktas som ett 'business as usual'-eller referensscenario, ägnas effektivare energianvändning ingen vidare uppmärksamhet, förrän tillgången till energiresurser börjar bli knapp. Inte heller utsläpp av växthusgaser hanteras förrän klimatchocker uppstår. Scramble speglar en del av problematiken för att uppnå energisäkerhet, att beslutsfattare vid en pressad situation drivs att kortsiktigt säkra energitillgången för egen del, exempelvis genom bilaterala avtal och initiativ för att utveckla lokala resurser. Både användningen av kol och biobränslen ökar. Att istället minska energianvändningen och riskera en avtagande ekonomisk tillväxt är inget alternativ.

Vidare ser OPEC-länderna till att hålla energipriset högt, då man sett att energiefterfrågan – åtminstone på kort sikt – är relativt prisokänslig. Den ökande produktionen av biobränslen leder till konkurrens med livsmedelsproduktion och driver upp världsmarknadspriserna. Importerande länder eller regioner, såsom EU, uppmuntrar indirekt fattigare länder att skövla regnskog eller förstöra habitat för att göra palmolja eller odla sockerrör. Härigenom frigörs stora mängder koldioxid till atmosfären. Som en följd av dessa oönskade effekter, växer andra generationens biobränslen fram kring år 2020, dessutom med högre energiutbyte. Hållbarhetscertifiering för både första och andra generationens biobränslen utvecklas.

Utveckling av energiekonomin sker i tre steg: staten hanterar tecken på minskande tillgång till energi genom att använda alternativa energikällor, såsom kol och biobränslen. När dessa inte längre räcker till uppstår en kris och staten hanterar denna genom ogenomtänkta och kortsiktiga åtgärder, som exempelvis kraftiga prisstegringar. Kring år 2020 leder detta mönster till en tillfällig avmattning i världsekonomin. Förändringar måste ske, frammanade av bland annat höga energipriser, men en storskalig omvandling av energisystemet tar ett decennium. År 2030 har en god ekonomisk tillväxt uppnåtts igen. Den lägre andelen av fossila bränslen medför lägre koldioxidutsläpp, men dessa ökar igen p.g.a. den ekonomiska tillväxten. Ett internationellt konsensus utvecklas kring viljan att bekämpa klimatförändringar och hoten mot energisäkerheten, men man ligger 20 år efter var man hade kunnat vara om man inte hade undvikit svåra beslut tidigare.

³⁶ Shell (2008): *Shell energy scenarios to 2050*

I det alternativa scenariot, *Blueprints*, växer lokala initiativ fram för att hantera utmaningar kring ekonomisk tillväxt, energisäkerhet och miljöförorening. Höga kostnader för utsläpp stimulerar utveckling av rena energitekniker och energi-effektivisering, vilket resulterar i långt lägre koldioxidutsläpp.

Inget scenario beskriver en ideal framtid. Det miljömässiga, ekonomiska och sociala utfallet i Blueprint anses ändå vara att föredra och Shell uppger sig därför vilja verka för en utveckling mot det scenariot. Nya teknologier kommer att ge några lösningar, men politiska och sociala ställningstaganden kommer att vara avgörande.

Kommentar:

Shell har, som tidigare nämnts, länge utvecklat och använt scenarier som utgångspunkt för sitt strategiska arbete. Scenarierna beskrivs som sannolika alternativa synsätt på hur framtiden kan se ut, d.v.s. explorativa scenarier.

Scramble-scenariot berör en intressant politisk aspekt som inte utvecklats så utförligt i tidigare scenarioarbeten, nämligen effekter av att beslutsfattare vid pressade situationer drivs att kortsiktigt säkra energitillgången för egen del, t.ex. genom bilaterala avtal. Detta skulle kunna splittra enigheten inom t.ex. EU och försvåra gemensamma ställningstaganden (t.ex. säkerhets- och utrikespolitik) och gemensamt agerande (t.ex. militära insatser) inom en rad områden. Även OPEC:s roll diskuteras. Om omvärlden anser att OPEC håller tillbaka produktionen alldeles för mycket – och oljepriserna därigenom stiger kraftigt – så kan spänningar och konflikter uppkomma. Man kan även tänka sig splittring och oenighet inom OPEC. Om kapacitet finns så kan det för den enskilda staten vara frestande att producera mera under perioder då priset är högt.

I Scramble-scenariot diskuteras också problem förknippade med ökad produktion av biobränslen, vilket har säkerhetsimplikationer. Redan under 2008 uppstod social oro och upplopp i vissa delar av världen p.g.a. höjda livsmedelspriser, vilket åtminstone till liten del var relaterat till ökad efterfrågan på bioenergi. Om Scramble-scenariot blir verklighet och bioenergirevolutionen inleds med skövling av skogar och förstörda ekosystem kan det också bidra till konflikter där de importerande nationerna i västvärlden förknippas med miljöförstöring.

En annan intressant skillnad mellan Scramble och andra scenarier är nyanseringen och blandning av business-as-usual och utvecklingar med inriktning mot att motverka klimatförändringen. I Scramble tas krafttag mot klimatförändringen först 2030, sannolikt efter det att stora förändringar och eventuella klimatchocker blivit uppenbara. Därför måste man utgå från att världen – i det scenariot – ser annorlunda ut både avseende klimatföränd-

ringarnas effekter i sig och möjligheterna till globalt samarbete för att hantera problemen.

3.9 IPCC, FN:s klimatpanel, 2001 och 2007

I detta avsnitt sammanfattas de scenarier som används av IPCC, FN:s klimatpanel. Klimatfrågans karaktär ger den en särställning i detta sammanhang. Klimatförändringarna har, direkt eller indirekt, potential att påverka ekosystem, samhället samt människors säkerhet och hälsa på ett ojämförbart sätt. Klimatförändringen är en meta-fråga – även andra miljöproblems omfattning och konsekvens, liksom framtida tillgång på energi, påverkas av ett förändrat klimat. Samtidigt är klimatfrågan ett dubbelbottnat dilemma. Det handlar dels om vad man kan göra för att förhindra förvärrad klimatpåverkan, dels hur man anpassar sig till de klimatförändringar som oundvikligen kommer.

IPCC-scenarierna är egentligen inte energiscenarier utan utsläppsscenarier med kopplade effektbedömningar, som baseras på olika antaganden om energianvändning. I detta sammanhang utgör alltså delar av IPCC-scenarierna ett exempel på omvärldsutvecklingar med avseende på energi.

De flesta områden som behandlas i IPCC-rapporterna är förknippade med olika typer av osäkerheter, t.ex.³⁷

- o Klimatet i sig
- o Klimatmodellerna
- o Växthusgaserna
- o Uppvärmnings- och kylningseffekter
- o Klimatet och andra miljöproblem
- o Effekter på ekosystem
- o Ekosystemens produktionsförmåga
- o Återkopplingar mellan klimat och ekosystem
- o Klimatanpassning (avseende människa och samhälle)
- o Energiomställning

³⁷ IPCC (2007)

Alternativa scenarier är ett givet huvudnummer inom IPCC-arbetet. Alltsedan 2001 års IPCC-rapport har följande scenariodimensioner använts:

- global utveckling ↔ regional utveckling, samt
- ekonomisk drivkraft ↔ miljö som drivkraft,

vars kombinationer ger fyra grundscenarier.

I detta sammanhang är klimat- och uppvärmningsanalysen inte central, men utgångsscenarierna kan belysa ytterligare exempel på nyckelaspekter i alternativa framtidsutvecklingar (målår 2100):

Grund-	Beskrivning av IPCC-scenario
scenario	

A1	Snabb ekonomisk tillväxt, globalisering och teknikutveckling med inriktning mot energieffektivisering. Världsbefolkningen når maximum cirka 2050. Kulturell och social homogenisering. Inkomstskillnaderna globalt sett minskar.
A2	En heterogen värld med inriktning på självförsörjning och bevarande av lokal identitet. Långsam men kontinuerligt ökande världsbefolkning. Fragmenterad regionalt inriktad ekonomisk utveckling. Teknik- och ekonomisk utveckling långsammare än andra scenarier.
B1	Som A1 men med snabb utveckling mot en service- och informationsbaserad ekonomi samt fokus på minskad materialomsättning och hållbar utveckling.
B2	Fokus på hållbar utveckling men främst på regional och lokal nivå. Långsam men kontinuerligt ökande världsbefolkning (långsammare än A2). Fragmenterad teknik- och ekonomisk utveckling (långsammare än B1 och A1).

IPCC-scenarierna kombineras sedan med följande energivarianter:

- o Tyngdpunkt på fossil energi (F).
- o Tyngdpunkt på icke-fossil energi (T).
- o Fördelning på en rad olika energikällor (B).

Bedömningarna av klimatförändringarnas effekter är en frågeställning som faller in under de bägge FoT-projekten Energisäkerhet respektive Miljö och Säkerhet. De effekter som följer av klimatförändringarna berör exempelvis ekosystemens produktionsförmåga, människors hälsa, livsmedels- och vattentillgång, d.v.s. en

rad områden med säkerhetsrelevans. De flesta av dessa kopplingar analyseras dock i FoT-projektet Miljö och säkerhet. Därför gör inte vi någon fullständig sammanställning här utan framhåller i första hand effekter med direkt energi-relevans. Vid sidan av att användningen av energi är den mest bidragande orsaken till klimatförändringarna kan dessa i sig påverka energisystemen, tillgången på energi samt hur energi används. Nedan följer några exempel:

- Ett generellt varmare och – inom vissa regioner – fuktigare klimat påverkar ledningsinfrastruktur och produktionsutrustning eftersom korrosionen ökar och går snabbare. Dessa effekter bedöms dock vara ringa.
- En ökad frekvens av extrema väderhändelser, liksom ökad styrka i dessa, har potentiellt stor påverkan på både produktionsanläggningar och distributionslänkar som t.ex. elledningar och farleder.
- Ett varmare klimat kan bidra till att energiresurser i Arktis-regionen blir tillgängliga för utvinning. Dessutom blir nya distributionsleder (för bl.a. energi) tillgängliga till havs. Däremot kan landtransporter försvåras och bärigheten för ledningsinfrastruktur försämras när permafrosten smälter.
- Tillgången på bioenergi förändras. Inom vissa regioner kommer produktionen av biomassa att öka medan förutsättningarna försämras i andra regioner. Sammantaget bedöms de biologiska systemens produktionsförmåga minska.
- Efterfrågan på energi kommer att förändras. Generellt sett kommer uppvärmningsbehovet sannolikt att minska men samtidigt ökar behovet av kyla och luftkonditionering. Grovt sett innebär detta en förskjutning mot ett ökat elbehov.

Kommentar:

Scenariovarianter som innebär en snabb ekonomisk utveckling i kombination med 'tyngdpunkt på fossil energi' förknippas med en situation där globalt produktionsmaximum för olja nås snabbare, d.v.s. ökar risken för oljebrist och oljekriser (dessa innebär givetvis också mest klimatpåverkan). Dessa scenarier innebär också, som tidigare scenarioarbeten har visat, att ett antal energi-'hot-spots' i världen kommer att öka i betydelse. Tyngdpunkt på förnybara energikällor skulle däremot innebära förutsättningar för en mer utspridd produktion – även om det inte nödvändigtvis behöver bli så.

Klimatförändringens effekter på energiförsörjningen (se punkterna ovan) talar för att trenden mot ökad koncentration av produktion och distributionsleder sannolikt ökar hoten mot den globala energiförsörjningen.

3.10 Global Environment Outlook: Environment for development, UNEP 2002 och 2007

UNEP, United Nations Environment Programme, gav under 2007 ut den fjärde Global Environment Outlook (GEO-4). I GEO-4 utvärderas tillståndet för atmosfär, land, vatten och biodiversitet. Man belyser de alternativ beslutsfattare har att ta ställning till vad gäller miljömässiga, ekonomiska och sociala utmaningar och betonar den roll miljön har för världens utveckling. Resultaten, som är utblickar snarare än scenarier, har tagits fram av nära 400 internationella experter.

Bland annat framhåller GEO-4 hur energi- och klimatförändringar kan påverka fred och säkerhet, speciellt i de regioner som redan är utsatta för stress, exempelvis i form av en redan pågående konflikt, fattigdom eller sjukdomar såsom HIV/AIDS. Utveckling av tekniker för förnybar energi och ökad energieffektivitet gynnar inte bara miljön, utan även den ekonomiska och sociala utvecklingen, genom att skapa arbetstillfällen och bidra till industriell utveckling. Flera teknologier existerar som, förutom att verka för minskad klimatpåverkan, även är ekonomiskt konkurrenskraftiga, speciellt med tanke på att det finns synergier med ökad energisäkerhet, minskade energikostnader och mindre hälsopåverkande luftföroreningar.

Den stora ökningen i energianvändning det senaste århundradet har varit en nyckelfaktor för ekonomisk och social utveckling. De länder och sektorer som inte har tillgång till modern energi hindras i utvecklingen. Vitala sociala funktioner är beroende av pålitlig energitillförsel.

Ökad energitillgång och energisäkerhet står därför högt på dagordningen. De dominerande energiproduktionssystemen med centraliserad produktion, fossila bränslen och brist på diversifiering har skapat såväl ökade tekniska och politiska risker för avbrott i tillförseln, som negativa effekter på miljö och hälsa. Olika länder har vidtagit olika åtgärder för att öka energisäkerheten, t.ex. diversifiering av energitillförseln, förbättrade regionala energihandelsarrangemang, minskat beroende av import genom energieffektivisering, användande av inhemska energikällor och förnybar energi. I många länder har uppbyggnad av energiinfrastruktur avreglerats under det senaste decenniet. Den interna marknaden i Europa hade två motverkande effekter med avseende på miljö och energisäkerhet. Den förbättrade effektiviteten i energisystemet och skapade en marknad för energibesparande tekniker. Den skapade däremot även investeringar som kräver stor kapitalinsats. FoU blev mer kortsiktigt orienterat och inte alltid i linje med målen för hållbar utveckling.

I den föregående Global Environmental Outlook (GEO-3) från 2001 användes scenarier som fokuserade på fyra olika rådande paradigmer som speglar den generella omvärldsutvecklingen, där också associerade energi-, miljö- och säkerhetsaspekter exemplifieras nedan. Måläret för scenarioanalysen är 2032:

Scenario	Beskrivning av scenario	Associerade problem och aspekter
<i>Market first</i>	Västvärldens konsumtion, tillväxt och livsstil är globalt ideal. Marknadskrafter dominerar över politiken.	Accelererande klimatförändring. Utarmning av jordar samt vattenbrist i många regioner. Brist på primärenergikällor.
<i>Security first</i>	Isolationism och konflikt råder. Stora skillnader i livsvillkor såväl inom länder som mellan länder och regioner.	Väpnade konflikter och terrorism. Klimatförändringar och vattenbrist i många regioner. Svält i en del regioner. Störningar och avbrott i energidistribution. Energilöst i importberoende regioner.
<i>Policy first</i>	Regeringars makt över ekonomisk och social utveckling ökar. Internationella regler och överenskommelser integreras i nationell lagstiftning.	Klimatförändring och förlust av biologisk mångfald. Brist på alternativa / förnybara energislag.
<i>Sustainability first</i>	Miljöparadigmet ersätter tillväxtparadigmet vilket omdanar politik och näringsliv. Mer samverkan mellan regeringar, företag och medborgargrupper.	Ökat tryck på jordbruksmark och ökad exploatering av orörd mark. Målkonflikter mellan energi- och matproduktion.

Kommentar:

Global Environmental Outlook har, liksom IPCC, inte primärt fokus på energifrågorna utan snarare på miljöeffekter (som givetvis kan ha energikoppling). Vi går därför inte heller här in på att bedöma säkerhetsaspekter som är mer av karaktären miljösäkerhetsfrågor.

I GEO-3, där explorativa scenarier används, är det intressant att notera att i princip samtliga utfall innebär någon form av energibrist. En intressant skillnad mellan den marknads- och den säkerhetsorienterade framtiden är snarare vem som främst drabbas. De tillgängliga primärenergiresurserna kan tolkas vara ungefär desamma, men när frihandeln och de andra mekanismerna som driver den globala marknadsekonomin framåt har försvagats kan man utgå från att matchningen mellan utbud och efterfrågan av vissa energibärare inte fungerar optimalt, samt att total energiefterfrågan på längre sikt minskar p.g.a. minskad ekonomisk aktivitet och minskat utbyte mellan regioner.

I GEO-4 lyfts problemen med centraliserad produktion fram, liksom brist på diversifiering, vilket riskerar att förstärkas ytterligare i takt med ökad efterfrågan.

3.11 Peak Oil

Med *peak oil* menas den tidpunkt då globalt oljeproduktionsmaximum nås för att därefter kontinuerligt minska. Peak oil är ett mycket omdebatterat och kritiserat begrepp men oenighetens kärna är inte *om* produktionsmaximum kommer att inträffa utan *när* det kommer att hända, vilka *effekter* det kommer att ha (t.ex. på samhälle, ekonomi och säkerhet) samt hur *hastigt* dessa förändringar kommer att ske. I detta avsnitt beskrivs grundtankarna bakom peak oil-begreppet. Därefter diskuteras olika utvecklingsvägar kopplade till peak oil.

Globalt peak oil innebär inte att oljan tar slut utan snarare att oljeeran når halvtid. Det är nämligen inte möjligt att öka utvinningshastigheten i en enskild oljekälla när den börjar sina utan att förstöra resterande del av just den fyndigheten. De dramatiska konsekvenser som ibland målas upp är helt enkelt en följd av att efterfrågan blir större än produktionen, vilket då leder till stora prisökningar på energi, vilket i sin tur leder till ökade livsmedelspriser, social oro, krig och konflikter om naturresurser och så vidare.

M. King Hubbert förutspådde 1956 att USA:s oljeproduktion skulle nå sitt maximum någon gång mellan 1965 och 1970, vilket visade sig vara korrekt. Hubberts modell har sedan dess använts för att prediktera produktionsmaximum i andra regioner, liksom för andra begränsande naturresurser. Enligt Hubberts modell följer produktionen en klockformad kurva som påverkas av marknadens efterfrågan samt tillgänglighetsgraden hos de exploaterbara resurserna. Kurvan är inte helt symmetrisk utan brantare innan produktionsmaximum och sedan mer utslätad därefter. Detta beror dels på antagandet att peak oil kommer att påverka ekonomin så att efterfrågan dämpas, dels på att det med tiden blir allt svårare tekniskt och praktiskt sett att pumpa upp råoljan med samma hastighet.

Optimistiska bedömare hävdar att globalt produktionsmaximum sannolikt inte kommer att inträffa före 2030-talet (t.ex. World Energy Outlook, se avsnitt 3.2). Därmed finns det gott om tid att utveckla och kommersialisera alternativa energislag som kommer att bli lönsamma – d.v.s. investeringar i dessa kommer att göras – när oljepriset i synnerhet och energipriserna i allmänhet ökar. Övergången bort från den oljedrivna globala ekonomin kommer att ske gradvis, relativt långsamt och därmed inte innebära någon dramatisk påverkan på samhällsutvecklingen. Först kommer oljepriserna att öka men så småningom stabiliseras för att sedan vända nedåt när de alternativa energislagen etablerats i stor skala.

Pessimistiska bedömare hävdar att globalt produktionsmaximum kommer att ske mycket snart (eller t.o.m. redan har inträffat) och att eftersom utvecklingen av alternativ (inklusive energibesparing) inte har prioriterats, så kan en global ekonomisk depression förväntas som kan bli så intensiv att det industrialiserade samhället, som vi känner det idag, kollapsar.

Nära förknippat med peak oil-begreppet är nätverket ASPO, Association for the study of Peak Oil & Gas, som grundades av bl.a. Collin Campbell och för närvarande leds av Uppsalaprofessorn Kjell Aleklett. I sin senaste bedömning placerar ASPO peak oil vid 2010.³⁸

Varför är det då sådan oenighet om denna fråga? I grova drag drivs energianvändning av ekonomisk tillväxt och befolkningsutveckling. Demografi är en av de få utvecklingar som det visat sig gå att göra långsiktiga prognoser på med relativt stor säkerhet. Även den medellånga ekonomiska utvecklingen (när man bortser från konjunkturcyklerna) har, åtminstone under de senaste decennierna, varit någorlunda trendsäker. Men det finns några faktorer som är viktiga i detta sammanhang där osäkerheten är större och där bedömningarna går isär. Det handlar om tillgängliga oljereserver, utvinnbarheten förknippad med s.k. okonventionell olja, samt kolets och naturgasens framtida roll.

Optimisterna hävdar att de reserver som redovisas av producenter (bolag och länder) visar att produktionsmaximum dröjer länge samt att nya fyndigheter görs kontinuerligt. Pessimisterna menar att producenterna överdriver sina reserver samt att den takt i vilken nya fyndigheter görs har minskat drastiskt sedan några årtionden tillbaka (sedan 1980 har uttaget varit större än den uppskattade volymen på nya fyndigheter). Det finns flera anledningar till varför producenterna skulle överdriva sina reserver. För enskilda OPEC-medlemmar finns det ekonomiska incitament eftersom kartellens kvotsystem medger större uttag för länder med större reserver. Ett annat motiv skulle kunna vara att öka värdet på

³⁸ Nya kalkyler som görs presenteras kontinuerligt på www.peakoil.net.

enskilda bolags tillgångar. Ett logiskt motargument är dock att synbart mindre oljereserver totalt sett skulle driva upp oljepriserna, vilket borde ligga i de producerade ländernas intresse.

När det gäller de svårutvunna s.k. okonventionella oljorna, t.ex. svavelrika tungoljor och tjärsand, menar optimisterna att den tekniska utvecklingen går framåt och att stigande oljepriser gör att det kommer att bli lönsamt att utvinna de stora mängder okonventionell olja som finns tillgänglig. Pessimisterna menar att det är så svårt att utvinna okonventionella oljor att det inte kommer att bli ekonomiskt lönsamt att utvinna stora mängder. Dessutom är det mycket energikrävande att utvinna okonventionella oljor, vilket medför ett ogynnsamt energikutbyte (jämfört med konventionell olja och andra alternativa energikällor).

När det gäller naturgasens och kolets roll är båda läger ense om att produktionsmaximum ligger längre fram i tiden. För gasen handlar det om ytterligare decennier eller möjligtvis ett sekel. För kol handlar det om flera hundra år. Optimisterna menar att detta bidrar till en mjuk övergång från olja till de andra energislagen medan pessimisterna hävdar att vårt oljeberoende är så stort – liksom att utvinning av naturgas och kol är så oljeberoende – att inget kan ta oljans roll. En mjukare falang av pessimister hävdar att optimisterna har rätt i sina grundargument, men att förberedelserna för en övergång från olja till gas, kol och andra energislag borde ha påbörjats för länge sedan för att kunna undvika de drastiska effekterna av peak oil. Kärnfrågan kvarstår alltså – när kommer peak oil?

Just betydelsen av tidsperspektivet behandlas i rapporten *Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation & Risk Management* från US Department of Energy.³⁹ I rapporten konstateras att produktionsmaximum kommer att föregås av kraftiga prishöjningar på framför allt flytande drivmedel och att de ekonomiska, sociala och politiska konsekvenserna kommer att bli ojämförbara om inte motåtgärder implementeras minst ett decennium före produktionstoppen. Tre scenarier skisseras:

- o Inga åtgärder vidtas innan oljeproduktionsmaximum vilket medför omfattande energibrist i allmänhet och akut brist på flytande drivmedel i synnerhet under en period på cirka 20 år.
- o Kraftfulla åtgärder ("crash program") vidtas cirka 10 år innan produktionstoppen nås vilket lindrar effekterna men ändå leder till brist på flytande drivmedel under cirka 10 år tid.
- o Kraftfulla åtgärder vidtas cirka 20 år innan produktionsmaximum vilket kan innebära att den befärade drivmedelsbristen kan undvikas.

³⁹ Hirsch et al. (2005)

Kommentar:

Scenarierna ovan är av 'what-if'-karaktär, där vissa beslut eller avsaknaden av beslut leder till vissa konsekvenser. Frågorna som är relevanta för att skissera möjliga konsekvenser är inte bara när produktionsmaximum inträffar, utan även hur långt tidigare åtgärder börjar implementeras samt hur kraftfulla de är och hur verkningsfulla de visar sig vara.

Denna fråga är som sagt mycket omdebatterad och verkar dra till sig debattörer med extrema synpunkter åt båda håll. Pessimisternas syn är att peak oil leder till en global depression som saknar motstycke eftersom all produktion – inklusive produktion av livsmedel – är beroende av energi i allmänhet och olja i synnerhet. Under loppet av ett antal decennier eller kanske ett sekel kommer jordens befolkning att justeras till cirka 2-3 miljarder människor eftersom post-oljeeran inte kan mätta fler munnar. På optimisternas sida framhålls den också tämligen extrema synpunkten att det inte finns några förändringar som den fria marknaden inte kan hantera.

Hur som helst, peak oil sätter fingret på kärnfrågan i denna rapport – vi är energiberoende och det moderna samhällets beroende av energi har stor påverkan på framtida utveckling inom en rad områden, inklusive säkerhet. Vi vill i detta sammanhang också framhålla den svenska Energimyndighetens syn – att under överskådlig tid sätter knappast resursbasen gränserna för oljeutvinningen utan snarare den politiska utvecklingen.⁴⁰

3.12 Energiframsyn Sverige i Europa, IVA 2003

IVA-projektet (Ingenjörsvetenskapsakademien) *Energiframsyn Sverige i Europa* betraktade det svenska energisystemet ur ett europeiskt (och även globalt) helhetsperspektiv. Målet var att skapa insikt och visioner om utvecklingen i Sverige på energiområdet. Resultaten har redovisats i fem slutrapporter och tolv faktarapporter.⁴¹ Projektet har fått en fortsättning nationellt genom ett samarbete med KVA (Kungl. Vetenskapsakademien) och KSLA (Kungl. Skogs- och lant-

⁴⁰ Energimyndigheten (2006)

⁴¹ Slutrapporternas titlar är *Energiframsyn Sverige i Europa: Energin – mot en ny era! En systemstudie*, *Energiframsyn Sverige i Europa: Kan framtiden påverkas? – framtidsbilder för Energieuropa*, *Energiframsyn Sverige i Europa: Vad hände sen?*, *Energiframsyn Sverige i Europa: Syntes och sammanfattning*, samt *Energiframsyn Sverige i Europa: Energi 2050 – närmare solen*. Faktarapporterna behandlar landsbygdens eldistribution, ekonomiska styrmedel inom energiområdet, el och värme från solen, vattenkraft, fossila bränslen, kärnkraft, energiöverföring, vindkraft, el och kraftvärme, energianvändning i industrin, energianvändning i transportsektorn och energianvändning i bebyggelsen.

bruksakademien) och internationellt inom Euro-CASE, som är en sammanlutning av 18 europeiska ingenjörsvetenskapsakademier.

Kring hundra personer, forskare och från både privat och offentlig sektor, bedrev arbetet i fyra paneler: systemframsyn, användarframsyn, strukturframsyn och långsiktig framsyn. Tidsperspektivet var 20 år (genomfört år 2002 med målar 2020), med utblickar mot 2050. Panelen för långsiktig framsyn hade till uppgift att visa två framtidsbilder för år 2050 och beskriva utvecklingen dit. Fokus är på befintlig och kommande teknikutveckling och möjligheter med dessa. Demografiska förändringar och andra samhällsfrågor och deras påverkan på den tekniska utvecklingen studeras också.

Scenarierna *Klimatet i fokus 2050* och *Klimatet en faktor bland flera 2050* skisseras, där det förstnämnda ger en framtid där förnybar el och förnybara bränslen samt effektiviseringar medför kraftigt minskade koldioxidutsläpp och det andra innebär fortsatt fossilberoende, men med riktning mot förnybart via naturgas.

Gemensamt för båda scenarierna är att de målar upp en gynnsam utveckling för Sverige och Europa, med fortsatt tillväxt och ökat välbefinnande. Detta medför ökad energianvändning, samtidigt som effektiv energianvändning p.g.a. klimat- och miljökrav och för minskad sårbarhet, är faktorer som stimulerar ny teknik och kommer att balansera energianvändningen i Sverige. Utvecklingen inom IT, den nya biotekniken samt nano- och materialteknik anses också innebära stora effektiviseringsmöjligheter. Miniaturisering och bärbarhet kräver energisnål teknik, nya lätta material sänker vikt och därmed bränsleförbrukning vid transporter, IT förändrar produktionssystemen. Man beskriver flera energitekniska lösningar och anser att marknadens ekonomiska drivkrafter, politiken och samhället i övrigt kommer att styra i valet av dessa. Man ser även andra förändringar än de rent tekniska: avreglering av gas- och elmarknader och harmoniserade regelverk inom EU, tillsammans med utbyggd infrastruktur för överföring, möjliggör att tillgång och efterfrågan kan balanseras lättare.

El som energibärare blir allt viktigare. Produktion av el kan ske från bränsleceller, solceller, vågkraft, bioenergi och fusion vid sidan om tekniker som vattenkraft, vindkraft och ny kärnkraft. Man lyfter fram tre systemskiften som kan få stor betydelse, vid ett ökat samspel mellan olika energiaktörer, samhälle och energianvändare:

- o *Vätgas och bränsleceller* för fordon och elproduktion minskar klimatgasutsläpp och beroende av importerade bränslen. Vätgasen kan framställas från naturgas men kommer i framtiden kunna framställas mer

eller mindre direkt ur solenergi, genom bl a elektrolys med förnybar el, artificiell fotosyntes eller biologiska processer.

- o *Koldioxidinfångning* bedöms kunna ske med en måttlig kostnadsökning och ge en koldioxidfri elproduktion från fossila bränslen (kol och naturgas).
- o *Samarbete mellan stora aktörer och småskaliga leverantörer och användare*, genom en öppning av elnäten med hjälp av IT.

Fram till år 2020 bedömer man att möjligheter till effektivare energianvändning har ökat, exempelvis genom hybridfordon, bränsleceller och nya, lättare material som minskar energibehovet vid transporter. Vattenkraft kommer fortsatt att svara för den största delen av den svenska elproduktionen, men användning av biobränslen, vind och sol ökar i omfattning. Man tror även att fossilbränslebaserad elproduktion kan klimatanpassas genom infångning och lagring av koldioxid. Flytande bränslen fortsätter att dominera inom transportsektorn. Bränslen börjar kunna skräddarsys från naturgas och tillverkas också från biobränslen i kombinat inom massaindustrin. Vätgastekniker är på gång och bränslecellsbilar förekommer, dock saknas ännu en utbyggd infrastruktur för dessa. Tekniken kan användas även i lätt, bärbar utrustning, mikroelektronik och i vissa stationära tillämpningar, som elproduktion med höga krav på tillgänglighet.

I *Klimatet i fokus* har effektivisering och omställning av energisystemet åstadkommits med hjälp av harmoniserade styrmedel för att minska utsläppen. Ökade energipriser har till viss del balanserats av effektiviseringar och miljövinster. Vätgas används som drivmedel samt som bränsle för el- och värmeproduktion i tätbefolkade och utvecklade delar av världen. På många håll i världen används dock flytande drivmedel i förbränningsmotorer och bränsleceller.

El produceras ur många källor: fossila bränslen, sol, vind, vatten, vågor, biobränslen, vätgas och kärnkraft. Fossila bränslen används fortfarande för värme- och elproduktion och för att driva fordon, men i utvecklade länder tillsammans med koldioxidinfångning i stora kraftverk och för framställning av drivmedel. I Europa är det främst naturgas som används.

I Sverige är total energianvändning på samma nivå som i dagens läge, eftersom öknings i materiell standard, resande och produktion har balanserats av effektiviseringar. De stora förändringarna är övergång till förnybar energi för transporter och utfasning av olja för uppvärmning. Fjärrvärme produceras istället nästan uteslutande av biobränslen och avfall, övrig uppvärmning sker genom biobränslen och värmepumpar. El produceras främst av vattenkraft, med tillskott från biobränsle från kraftvärme. Havsbaserad vindkraft, ny kärnkraft, import,

vågkraft, solceller, samt kraftvärme från vätgas/bränslecell eller naturgaskombi kan stå för ytterligare tillskott. Skogsindustrin har blivit en nettoleverantör av både el och bränslen. Drivmedlen är både importerade koldioxidfria från naturgas (vätgas), och inhemska förnybara från förgasning och rötning av bioråvaror och avfall.

Klimatet en faktor bland flera ger istället en framtidsbild med fortsatt fossilberoende. Även här har energisystemen förändrats, men det har inte funnits lika starka drivkrafter för förändring och för en övergång till förnybar energi. Även här ökar användningen av solbaserad energi och vätgas, utvecklingen går dock långsammare än i *Klimatet i fokus*. Transporter har ökat jämfört med i dagsläget, men miljö- och hälsokrav samt trängsel har dock drivit fram effektiva fordon med små utsläpp.

Naturgas är viktigt i Europa, för produktion av el, värme och drivmedel. Här spelar det minskade beroendet av importerad olja en viktig roll samt även luftkvaliteten i tätbefolkade områden. Gaskombikraftverk och kolkraftverk genererar det mesta av elen, även om förnybar el, som vind-, solcells- och bio-bränslebaserad, ökar i användning. Fordon drivs med flytande och gasformiga drivmedel från naturgas eller från biologisk råvara som förgasats.

I svenska kraftvärmeverk används naturgas i utbyggda fjärrvärmenät. I centrala Sverige har naturgasnät byggts ut, utanför gasnäten används biobränsle i kraftvärme och fjärrvärme.

Elförsörjningen sker med vattenkraft, med tillskott från naturgaskombi samt från kraftvärme i fjärrvärmenät och vid industri. Vind, vågor och sol bidrar med en liten, men ökande del.

Kommentar:

Energiframsyn kan betraktas som en prediktiv scenarioansats med vissa variationer kring kärnfrågan energi och klimat. Denna typ av 'foresight'-studier är gärna tätt sammanlänkade med analysen av olika policy-strategier. D.v.s. beroende på vilket håll utvecklingen drar åt – vilka strategier ska då användas? Beredskap för sådana trendförändringar brukar kallas adaptiv planering och således kan den föregående analysen benämnas adaptiv framsyn.⁴²

Energiframsyn är (i detta sammanhang) starkt tekniskt orienterad med fokus på energiproduktionslösningar snarare än på användarteknologi eller efterfrågeförändringar. Värt att notera är att man i bägge scenarierna lägger stor tonvikt på naturgas – både som primärenergikälla och som energibärare för direkt

⁴² Se t.ex. Eriksson & Weber (2008)

användning eller för att producera vätgas. Man bör notera att Europa generellt sett redan idag är mycket beroende av naturgas medan användningen i Sverige snarast är marginell. En stor ökning av naturgasanvändningen i Sverige skulle förändra energimixen och utifrån ett tillförselsäkerhetsperspektiv är det intressant att notera att de bägge scenarierna inte skiljer sig åt särskilt mycket.

3.13 Tvågradersmålet i sikte? Naturvårdsverket 2007

Naturvårdsverket finansierar ett pågående forskningsprogram om framtida långsiktigt hållbara system för energi och transporter, som leds av Miljö- och Energisystem (IMES) vid Lunds tekniska högskola. Forskningsinitiativet inleddes dock med en förstudie som utfördes av Jonas Åkerman m.fl., vid Miljöstrategisk analys på KTH, som redovisades 2007.⁴³

KTH-studien använder sig av backcasting för att i fem scenarier för Sveriges energi- och transportsystem visa hur EU:s och Sveriges tvågradersmål⁴⁴ kan nås med olika prioriteringar. I alla scenarier krävs trendbrott i utvecklingen för både produktion och användning av energi. Det rör sig om ökad tillförsel av koldioxidneutral primärenergi, teknikeffektivisering och förändrade transporter. Det ställer även krav på beslutsfattande i politik och planering.

I ett *Teknikscenario* antas att kraftiga teknikeffektiviseringar har genomförts och att tillförseln av förnybar energi har ökat väsentligt. Inga försök har dock gjorts för att påverka volymutvecklingen i respektive sektor (varuproduktion, resande, boendeyta etc). Den resulterande utsläppsnivån ligger 190 % över målnivån år 2050, vilket betyder att volymerna av resande, godstransporter, boendeyta och industriproduktion inte kan öka enligt dagens trender, om tvågradersmålet ska kunna nås.

I scenarierna varierar människors livsstil och beteendemönster. Det kan röra sig om hur man spenderar sin tid, boende, resor och konsumtion. Även tillgång till bioenergi och annan koldioxidneutral primärenergi varierar i scenarierna, med utgångspunkt i två globala tillförselsscenarier: Bio/Hög och Bio/Låg. Detta kan jämföras med dagens 14 PWh. Den totala energitillförseln är 158 respektive 118 PWh år 2050, vilket kan jämföras med 124 PWh år 2005. I båda scenarierna minskar de globala utsläppen av växthusgaser med 70 %. Utifrån dessa scenarier

⁴³ Naturvårdsverket (2007)

⁴⁴ Att begränsa den globala temperaturhöjningen till max 2 grader år 2100, jämfört med den förindustriella nivån. Detta anses motsvara 85 % reduktion av växthusgasutsläpp mellan 2005 och 2050

utarbetas svenska alternativ, där energianvändningen per capita är 50-60 % över det globala genomsnittet, främst p.g.a. den energikrävande exportindustrin. I scenario 1 och 2 arbetar människor relativt mycket och har en hög materiell konsumtionsnivå, medan långväga flygresande är nedprioriterat. I scenario 3 och 4 prioriteras istället resande och upplevelser högt. Även i scenario 5 prioriteras upplevelser högre än materiell konsumtion, men människor arbetar mindre och tempot i samhället är lägre. Tabellen nedan är en sammanställning av scenariernas dimensioner:

Beteendemönster <i>Energitillförsel</i>	Högt tempo och materiell konsumtion	Högt tempo och upplevelseinriktad konsumtion	Lägre tempo och upplevelseinriktad konsumtion
<i>Stor global tillgång på bioenergi (80 PWh)</i>	Scenario 2	Scenario 4	Behandlas ej. Minst utmaning att nå målen i detta fall.
<i>Liten global tillgång på bioenergi (25 PWh)</i>	Scenario 1	Scenario 3	Scenario 5

Några slutsatser dras av vad som krävs på energiområdet för att nå tvågradersmålet:

- o Kraftig teknikeffektivisering krävs i alla sektorer (bebyggelse, industri, transporter).
- o Efterfrågan på vägtransporter, flygresande, konsumtionsvaror, boyta m.m, behöver bli lägre än i Teknikscenariot.
- o Vindkraft är viktigt och medför dessutom få konflikter med andra miljömål.
- o Stor osäkerhet råder om framtida tillgång på biobränsle. Viss försiktighet kring storskaliga investeringar i biodrivmedel för transportsektorn bör vidtas. Forskning, utveckling och demonstration av andra generationens drivmedel är angeläget.
- o Plug-in-hybrider som använder el från nätet och (t.ex.) diesel eller metanol är troligen ett bättre alternativ än bränslecells-bilar och vätgas på medellång sikt.

- o Värmepumpar är i de flesta scenarier bättre än fjärrvärme eller biobränslepannor i småhus.

Kommentar:

De scenarier som framtagits i KTH-studien är samtliga normativa i den meningen att de förväntas kunna uppfylla EU:s mål om en global medeltemperaturökning på högst två grader. Scenarierna fokuserar på hur energianvändningen (i den industrialiserade världen) ska kunna minskas med antagande om en rättvis fördelning globalt sett. Ett viktigt ingångsvärde – vilket också utgör en stor osäkerhet – är den framtida globala tillgången på bioenergi. En stor tillgång på bioenergi förutsätter produktion utspridd över hela jorden vilket minskar tendensen till fossilbaserade energi-'hot-spots'. Bioenergiresurserna är också någorlunda jämnt fördelade över jorden. Det är också värt att notera att KTH-studien framhåller plug-in-hybrider som fördelaktiga transportlösningar samt värmepumpar för uppvärmning av byggnader, vilket skulle leda till en förskjutning från direkt användning av fasta och flytande energibärare till el.

4 Tematisk diskussion: omvärlds-förändringarna i relation till säkerhet

I denna sammanfattande diskussion lyfter vi fram ett antal av de variabler och nyckelaspekter som använts för att konstruera scenarierna i kapitel 3. Olika scenarier har olika fokus på olika frågor. Vissa aspekter kan i vissa scenarier ges stor vikt medan samma fråga i andra scenarier antas vara mindre betydelsefull. På motsvarande sätt kan olika variabler väljas att varieras kraftfullt, bara lite grand eller inte alls. Vi har här försökt att klustra variabler och nyckelaspekter tematiskt för att få ett annat perspektiv än vad beskrivningar av enskilda scenarier ger. Vi listar (i textutor) och diskuterar variabler och nyckelaspekter inom områdena:

- o Långvågiga utvecklingar
- o Trendbrott?
- o Dynamiken kring energiresurserna
- o Energitekniker
- o Aktörer och policy-omvärld
- o Strategier för energiförsörjning
- o Miljö, klimat och människors säkerhet

4.1 Långvågiga utvecklingar

Vissa av de vanligt förekommande nyckelaspekterna i scenarierna är att betrakta som tämligen stabila trender eller långvågiga utvecklingar.⁴⁵ Ett av de få områden där det faktiskt visat sig fungera att göra längre trendframskrivningar är befolkningsutveckling och demografiska mönster i allmänhet (d.v.s. inte bara hur många människor, utan även förändringar i var de bor, var tillväxten sker, vilken ålder de har och vart de flyttar). Även prognoser över flera decennier brukar stämma tämligen väl. Till detta härad hör också urbaniseringstrenden som i olika delar av världen – dock vid olika tillfällen – påbörjats i samband med och följt

⁴⁵ Vi har valt begreppet ”långvågig utveckling” (inspirerat av Joseph Schumpeter) för att markera att vi inte utesluter trendbrott, d.v.s. att det inte är givet att befolkningstillväxt, ekonomisk tillväxt, naturresursuttag etc för alltid kommer att öka. Se vidare under rubriken ”Trendbrott?”.

industrialiseringen och rationaliseringen av jordbruket. Den ekonomiska tillväxten har i viss mån också kunnat betraktas som en tämligen säker trend. Trots konjunktursvängningar har den långsiktiga uppåtgående trenden kunnat anses vara tämligen stabil. Den ekonomiska utvecklingen är tätt sammanflätad med teknikutvecklingen, ett kontinuerligt ökande uttag av naturresurser samt ökad specialisering (och därmed effektivisering) både vad gäller produktion av varor och tjänster för näringsidkare men också för den enskilde arbetaren.

De långvågiga trenderna är ett slags 'meta-drivers' för den globala energianvändningen och de är i hög grad sammankopplade med varandra. En ökande världsbefolkning skulle inte kunna försörjas utan ett ökat naturresursuttag i form av t.ex. energi och livsmedel.⁴⁶ Detta i kombination med ett – i ekonomisk mening – mer rationellt utnyttjande av dessa resurser (teknikutveckling, specialisering) samt ökat utbyte av förädlade resurser mellan regioner, verksamheter och människor (urbanisering, globalisering) har medfört att den globala ekonomin har växt kontinuerligt.

Långvågiga utvecklingar

Befolkningstillväxt
Demografiskt mönster
Urbanisering
Ekonomisk tillväxt
Globalisering
Teknikutveckling
Specialisering (produktion och arbete)
Naturresursutnyttjande
Klimatförändring

Klimatförändringen är en effekt av hur naturresursuttaget omsätts i samhället. Att vi i detta sammanhang framhåller klimatförändringen som en långvågig utveckling är att de genomsnittliga förändringarna i sig sannolikt sker långsamt och gradvis och att det skulle ta lång tid att vända utvecklingen p.g.a. tröghet i klimatsystemet (effekter av klimatförändringen kan dock leda till trendbrott, se nästa rubrik).

I detta sammanhang konstaterar vi att de långvågiga trenderna utgör viktiga ingångsvärden i bakgrunden för de flesta scenarier men att genomgripande förändringar – t.ex. på energiområdet – på framför allt lång och medellång sikt

⁴⁶ Global Footprint Network (www.footprintnetwork.org) gör kalkyler över det årliga globala förnybara naturresursuttaget. 1961 konsumerade världsbefolkningen ungefär hälften av vad jorden producerade, men sedan 1987 används mer resurser än det som produceras, d.v.s. vi lever inte längre på avkastningen utan på kapitalet. Man har lanserat den s.k. "Earth Overshoot day" som den dag på året då jordens årliga produktion redan konsumerats. 1995 inföll dagen den 21 november, 2006 den 9 oktober, medan för 2008 så tog jordens resurser slut 23 september (vilket innebär att vid nyårsafton 2008 så hade motsvarande 1,4 jordklot konsumerats på ett år). Samtidigt finns det stora livsstilsskillnader att notera: den genomsnittlige indiern konsumerar motsvarande 0,5 jordklot (d.v.s. motsvarande 1961 års nivå globalt), medan en svensk konsumerar ca 3 jordklot och en amerikan 5 jordklot.

sannolikt kräver någon form av trendbrott. De långvågiga utvecklingarna brukar karakteriseras av att de svårligen kan påverkas på kort sikt.

4.2 Trendbrott?

De trendbrott som diskuteras – alternativt förutsätts indirekt – i vissa av scenarierna (främst de explorativa) kräver en annan slags syn på de långvågiga utvecklingarnas beständighet. När trendbrott på dessa områden anses vara möjliga (men för den sakens skull kanske inte sannolika) så frångår man tesen att vissa utvecklingar är starkt stabila eller åtminstone mycket svårubbliga. Exempelvis antar IPCC i ett av sina scenarier att världsbefolkningen når maximum 2050 för att sedan stabiliseras alternativt minska.

En del av de trendbrott som beskrivs kan betraktas som konstruerade förutsättningar för att vissa mål ska kunna nås på miljö- och klimatområdet, t.ex. förändringar avseende livsstil och värderingar. En del andra trendbrott är snarare konsekvenser som skulle följa om en långvarig och omfattande energi- eller klimatkris uppkommer, t.ex. en genomgripande energiomställning, eller att globaliseringen och den ekonomiska tillväxten avstannar. 'Peak oil'-begreppet utgör ju i sig ett trendbrott som sätter fokus på *när* snarare än *om*, samt de effekter som följer när produktionsmaximum inträffar.

Stora miljöförändringar (t.ex. kollapsande ekosystem) och klimatchocker (t.ex. långvarig extrem väderlek och dess effekter på samhället) skulle visserligen i sig kunna utgöra trendbrott, men i detta sammanhang kan också trendbrott på övriga områden (tillväxt, konsumtion) ske p.g.a. responsen på förändringarna (t.ex. förändrad policy). Att direkt analysera säkerhetseffekter baserat på de miljörelaterade långvågiga utvecklingarna och eventuella trendbrott är knappast fruktbart på denna nivå. Vi kommer dock längre fram sammanfatta de förändringar på miljö- och klimatområdet som förs fram i scenarierna liksom de sociala effekterna samt säkerhetseffekter.

Trendbrott?

Världsbefolkningsmaximum när?

Tillväxtparadigmet bryts?

Globalisering ↔ regional utveckling?

Ekonomisk drivkraft ↔ miljö som drivkraft?

Ökningstrenden för transporter, boendeyta och konsumtion bryts?

Tid och sociala värden ↔ pengar och konsumtion?

Stora miljöförändringar?

Klimatchocker och s.k. 'tipping points'?

Energiomställning?

Peak oil?

4.3 Dynamiken kring energiresurserna

Dynamiken kring energiresurserna – som den i regel beskrivs i scenarioarbetena – utgör egentligen förlängningen av de långvågiga utvecklingarna (som driver energiefterfrågan) samt eventuella trendbrott (som kan bryta nuvarande mekanismer vad gäller antingen efterfrågan eller utbud). En del av scenarierna fokuserar på hur den ökande efterfrågan ska tillgodoses med ny utvinning (t.ex. tjärsand, bioenergi) medan andra scenarier fokuserar på ny energiteknik (se nästa avsnitt).

Många av nyckelaspekterna inom detta område utgör antingen osäkerheter i sig eller är variabler förknippade med stor osäkerhet. Ett möjligen trivialt, men ändå centralt, antagande är att energi även i framtiden kommer att handlas på någon form av global marknad. Friktioner uppstår givetvis om det är stora obalanser mellan efterfrågan och utbud men det är samtidigt något som på relativt kort sikt regleras av priset, som i sin tur bidrar till förändrad efterfrågan. I detta sammanhang är de förändringar som består över konjunkturcyklerna mer intressanta än korta svängningar. Utifrån ett säkerhetsperspektiv kontrasterar ökad konkurrens om de koncentrerade fossila energiresurserna (konventionell olja och gas) mot ökad diversifiering av energikällor i form av bioenergi, annan förnybar energi, kol och okonventionella oljor. Detta är exempel på utfall som kan betraktas som genuina osäkerheter – det kan gå åt bägge håll – till skillnad från osäkerheter som i någon mening kan beräknas och förknippas med sannolikheter.

Dynamiken kring energiresurserna

Energipris samt balans mellan utbud och efterfrågan

Produktions- och tillförselstörningar

Ökad konkurrens om ojämnt fördelade resurser

Diversifiering av energikällor

Osäkerhet kring tillgängliga oljereserver

Investeringsbehov i produktionskapacitet

Peak oil

Osäkerhet kring framtida tillgång på bioenergi

Osäkerhet kring den okonventionella oljans utvinnbarhet

4.4 Energitekniker

De flesta av energiframtidsscenarierna lägger stor vikt på teknikutveckling. Vi hävdar att utifrån ett energitillförselsäkerhetsperspektiv så gör tekniker som bygger på samma fossila energiråvara (t.ex. CCS, fossilbaserad vätgas) ingen större skillnad jämfört med dagens läge – det spelar däremot väldigt stor roll utifrån ett klimat- och miljösäkerhetsperspektiv. Nya och då främst förnybara

lösningar medför – som tidigare nämnts – geografiska förändringar när det handlar om var energin omvandlas och produceras samt vilka vägar den distribueras. Man kan givetvis också tänka sig förändringar när det handlar om var energin används, men scenarierna lägger ingen större vikt vid energianvändningsperspektivet. Det förefaller rimligt att anta att trendbrott mot mer effektiv energianvändning i sådana fall sker på global nivå snarare än att enskilda regioner går åt det hållet medan andra fortsätter på den nuvarande inslagna vägen. För förändringar på användningssidan – eller rättare sagt förändringar i efterfrågan på energi – är det snarare så att de långvågiga utvecklingarna i form av demografi och regional ekonomisk utveckling styr. Det förefaller rimligt att anta att Asiens roll, i allmänhet, och Kinas roll, i synnerhet, kommer att öka i betydelse.

I jämförelse med t.ex. oljekällor, är bioenergin relativt sett jämnt fördelad över jorden. Det gäller i ännu högre grad förnybar energi i form av infallande solljus, vind och vågor (åtminstone för länder med havskontakt). De tekniklösningar som diskuteras medför dock stora skillnader i termer av centralisering respektive decentralisering. Eftersom biomassan redan är uppfångad solenergi så är den så att säga redan på plats omvandlad till en (tämligen lågkvalitativ) energibärare som förknippas med viss vikt och transportkostnad vilket ger incitament för så lokal användning som möjligt, d.v.s. både utspridd produktion och i möjligaste mån användning. Om sol-, vind- och vågenergi omvandlas till elektricitet kan ett liknande resonemang föras för att undvika transmissionsförluster samt kapitalintensiva investeringar i ledningsinfrastruktur. Om däremot sol-, vind- eller vågenergin används för att producera vätgas får man en högvärdig energibärare som i framtiden skulle kunna motsvara den energihandelsråvara som oljan är idag. Solenergin finns till skillnad från oljan överallt. Samtidigt ger marknadsmekanismerna att produktions- och transportkostnaderna ska minimeras samt att stordriftsfördelar ska utnyttjas, vilket faktiskt kan innebära en koncentrerad av produktionsställen på motsvarande sätt som för oljeutvinningen. Ett exempel är visionen om storskalig solcellsbaserad vätgasproduktion i Sahara. Ett annat exempel kan vara band av vätgasproducerande vindkraftverk längs Chiles och Norges kuster. Slutsatsen är alltså att en diversifiering av energikällor baserad på decentraliserade energikällor inte per automatik leder till en decentralisering av produktionen.

Energitekniker

CCS (koldioxidinfångning och lagring)

Olja, kol, naturgas

Okonventionella oljor

El som energibärare

Biodrivmedel

Vätgas, bränsleceller

Kärnkraft

Sol-, vind- och vågenergi

Energieffektivisering

I detta sammanhang bör också kärnkraften kommenteras, som ofta spelar någon form av roll i energiscenarierna – alltifrån klimatproblemets ultimata lösning till en dyr och obsolet teknologi på väg att fasas ut. Men redan idag pågår utveckling av ny kärnkraft i flera länder, exempelvis i Asien. I OECD-länderna är den första generationens kärnkraft på väg att fasas ut främst p.g.a. anläggningarnas ålder, vilket lämnar dessa länder i valet mellan att satsa antingen på nästa generations kärnkraft eller på andra energikällor. Kärnkraftens roll i den globala energiförsörjningen är marginell och kommer sannolikt inte att bli särskilt tongivande i framtiden heller. 2005 utgjorde den ungefär 6 % av den totala globala energiproduktionen och 15 % av elproduktionen (IEA WEO 2007). Men kärnkraften är av sin natur koncentrerad till ett antal produktionsställen och har flera givna säkerhetsimplikationer. Kärnkraften är beroende av produktion av kärnbränsle som koncentrerats till ett fåtal utvinningsställen i världen, vilket relaterar till tillförsel-säkerhetsperspektivet ('security of supply'). Konsekvenserna av "naturliga" olyckor, terrorism eller sabotage kan påverka samhällens energiförsörjning i både breda säkerhetstermer ('security') liksom hota människors liv och hälsa ('safety'). Den civila kärnkraftens nära koppling till utvecklingen av kärnvapen medför ytterligare en nivå av säkerhetsrisk.

Även om kärnkraftens produktionsvolym inte kan förväntas bli tongivande i ett globalt perspektiv har kärnkraftsspridningen i sig stor säkerhetsrelevans. I detta sammanhang är sannolikt antalet länder med kärnkraft och antalet kärnanläggningar mer relevant än antalet producerade TWh. Utifrån ett säkerhetsperspektiv inställer sig också frågan *vilka* nationer det är som skaffar sig kärnkraft – och inte minst vilken politik de för. En nyckelfaktor i detta sammanhang är om dessa länder importerar sitt kärnbränsle eller om de tillverkar eget bränsle i anrikningsanläggningar, som skulle kunna ställas om till produktion av kärnmaterial för vapenframställning.

4.5 Aktörer och policy-omvärld

Att säkra den framtida energiförsörjningen är ett tema, vid sidan av klimat- och miljöförändringarna, som diskuteras i de flesta scenarier. I nästa avsnitt lyfter vi specifikt fram olika energisäkerhetsaspekter och -strategier som diskuteras i samband med scenarioarbetena. Det finns dock anledning att först påvisa de omständigheter som begränsar, eller möjligtvis förstärker, handlingsutrymmet. Förutom aktörerna, kan nyckelaspekterna i texttrutan ses som den egna omvärlden i form av angränsande politikområden samt politiska trender. Vi har här lyft fram det som är mest relevant för Europa och Sverige.

Olika aktörer har olika stora möjligheter att påverka sin egen situation men också i vid bemärkelse omvärldsutvecklingen. Eftersom aktörsperspektivet knyter direkt an till flera säkerhetsfrågor diskuterar vi olika aktörers energisäkerhetsstrategier och agerande i ett eget avsnitt (kap. 5). Vi konstaterar här att de aktörer, länder och regioner som främst lyfts fram som betydelsefulla i scenarioarbetena är USA, EU, Ryssland, OPEC, Mellanöstern, Asien i allmänhet, Kina, Indien, Iran och Japan i synnerhet, politiskt instabila regioner med energitillgångar (t.ex. Kaukasus), samt vissa enskilda mindre länder med relativt stora energitillgångar (t.ex. Venezuela, Sudan).

Policy-omvärlden medför ibland konflikter, men också synergier. Till exempel kan klimat-, säkerhets- och energipolitiken samspela, bland annat som ökad självförsörjning via förnybara energikällor.⁴⁷ EU:s utveckling är i detta sammanhang viktig eftersom unionen bygger på att samarbete balanseras med nationellt självbestämmande. Här kan exempelvis utvidgningen österut och ett nytt EU-fördrag ändra förutsättningarna. Ett annat område med indirekt påverkan på energipolitiken är EU:s jordbrukspolitik som också påverkar handelspolitiken (ursprungligen också säkerhetspolitiken i bred bemärkelse med åsyftning till självförsörjning av livsmedel). EU:s agerande externt kan ha en annan inriktning än den ideologi som styr det interna samarbetet. Exempelvis kan EU internt hindra enskilda medlemsstaters egna initiativ om det betraktas som hinder för fri konkurrens eller fri rörlighet av varor och tjänster, d.v.s. i linje med den marknadsliberala ledstjärnan liksom frihandel. Ambitionen att avreglera elmarknaden är ett exempel på den viljan. Externt däremot kan agerandet te sig annorlunda – jordbrukspolitikens konsekvenser för framför allt livsmedelsproducenter utanför EU är ett exempel. På energiområdet är EU-stöttade infrastruktursatsningar med enskilda externa samverkanspartners (t.ex. Ryssland) ett annat exempel som av praktiska skäl medför en inlåsning som sätter åtminstone delar av marknadsmekanismerna ur spel.

Aktörer och policy-omvärld

USA, Kina, Indien, EU m.fl.
(användare)

Mellanöstern, Ryssland m.fl.
(producenter)

Inblandning och kontroll av stat ↔
fria och avreglerade marknader

Klimat- och miljöpolitik

Utrikes-, säkerhets- och
försvarspolitik

Närings- och handelspolitik

Balans mellan energitrygghet,
miljöhänsyn och konkurrenskraft

EU:s utveckling

EU som föregångare på
klimatområdet?

⁴⁷ Se t.ex. World Watch Institute & Center for American Progress (2006)

4.6 Strategier för energiförsörjning

Vi har indirekt i denna studie ett svenskt och europeiskt perspektiv för ögonen. Det vill säga Sverige är ett litet land i Europa och världen med begränsade möjligheter att påverka i olika sammanhang. Vi (Sverige liksom Europa) är också i energihänseende konsumenter. Det är därför i detta sammanhang värt att notera att när energisäkerhet (sett ur ett tillförselsperspektiv) för oss främst betyder att säkra framtida försörjning så kan det för länder och regioner som producerar energi innebära att säkra möjligheten att få avsättning – och så mycket avkastning som möjligt – för sina produkter på världsmarknaden alternativt genom att sluta avtal med konsumenterna.

Den första energisäkerhetsstrategin som tas upp är just bilaterala avtal i syfte att (för konsumenten) säkra energitillgångar. I detta avsnitt använder vi alltså den breda benämningen energisäkerhet trots att det egentligen är tillförselsäkerhet som åsyftas – detta för att även fånga upp det som skulle kunna benämnas 'avsättningssäkerhet'. I detta sammanhang bör det också nämnas att från producerande nationers håll är nationalisering (t.ex. Venezuela) och politisering (t.ex. Ryssland) av energitillgångar en väg att hindra inflytande från utländska företag och aktieägare och därigenom stärka det egna landets, alternativt de ledande politikernas, kontroll över resurserna. Trots att detta går på tvärs med rådande ideal för fri handel och etablering finns också sådana idéer även bland politiker i EU-stater.⁴⁸

Strategier för energiförsörjning

- Bilaterala avtal på energiområdet
- Nationalisering av energitillgångar
- Investering i ny egen produktion (t.ex. kärnkraft och biobränsle)
- Förändra industristruktur för att minska sårbarhet
- Energieffektivisera och -spara
- Investering i mellanstatlig infrastruktur
- Investera i energitillgångar i andra länder
- Politiskt inflytande i andra länder med energitillgångar
- Politisk och militär kontroll över energitillgångar i andra länder

I denna tematiska genomgång exemplifieras några olika (nationella) strategier för att öka energisäkerheten. I nästa kapitel (kapitel 5) beskrivs mer ingående de olika aktörernas strategier, situation och agerande – där också med ett bredare energiperspektiv snarare än bara tillförselsäkerhet.

Att investera i egen ny produktion i exempelvis kärnkraft (t.ex. Italien), vindkraft (t.ex. Sverige), biodrivmedel (t.ex. USA) och kol (t.ex. Kina) är vanligt förekommande. Att angripa problemet underifrån genom effektivisering och

⁴⁸ Görs (2008)

besparing förekommer (t.ex. EU), men ansågs viktigare under 1970-talets energikriser jämfört med idag. Att säkra energitillgångar genom bilaterala avtal och infrastruktur (t.ex. Tyskland) är en variant som är besläktad med att göra direkta investeringar (t.ex. Kina) eller utöva indirekt ekonomiskt inflytande i utländska energitillgångar via s.k. 'sovereign wealth funds' (SWF:s, t.ex. Norge och Kuwait).

SWF:s skapas när en stat har stora överskott i kombination med liten eller ingen statsskuld och när man av olika anledningar anser att det är olämpligt att kanalisera överskottet till inhemsk konsumtion eller att helt enkelt hålla på pengarna. Detta är typiskt för nationer som är starkt beroende av export av ett fåtal råvaror. Genom att investera i en portfölj av andra råvaror och annan näringsverksamhet blir landet mindre sårbart för svängningar i världsmarknadspriset för den egna dominerande råvaran. SWF:s kan också ses som ett sätt att fördela intäkterna från en ändlig råvara mellan nuvarande och kommande generationer (t.ex. de norska oljefonderna). SWF:s har i vissa sammanhang kritiserats under benämningen 'statskapitalism', d.v.s. att denna typ av ägarinflytande inte bör vara statens roll. SWF:s har säkerhetspolitisk bäring, bl.a. för att när andra stater – till skillnad från inhemska eller utländska företag – äger råvarutillgångar i det egna landet så kan det anses som en direkt verkningsfull spelplan i utrikes- och säkerhetspolitiken.

Det kan sägas vara förbehållet stormakterna att utöva inflytande utöver det som diskuterats i detta avsnitt – antingen genom påtagligt politiskt och ekonomiskt (och eventuellt i kombination med militärt) inflytande (t.ex. Kina i Sudan, USA i Irak, Ryssland i Kaukasus).

4.7 Klimat, miljö och människors säkerhet

Många av nyckelaspekterna i scenarioarbetena handlar om klimat- och miljöproblemen och i viss mån om deras koppling till människors säkerhet. De förändringar som förs fram är inte energispecifika men har en indirekt koppling till energi via antingen påverkan från energianvändning (t.ex. föroreningar, klimatförändringen) eller energiproduktion (t.ex. föroreningar, konkurrens om mark). Detta kan i sin tur

Klimat, miljö och människors säkerhet

Luft-, vatten- och markföroreningar

Klimatförändringens effekter

Ekosystemens produktionsförmåga och förlust av ekosystemtjänster

Markanvändning: konflikt mellan energi och livsmedel

Livsmedelskriser och brist på rent vatten

Hälsorisker, sjukdomar och epidemier

Miljörelaterad svält, fattigdom och flyktigströmmar

medföra livsmedels- och vattenbrist, ytterligare försämrade produktionsförmåga för ekosystemen, epidemier, svält, flyktingströmmar o.s.v.

De sätt som miljö- och klimatförändringarna påverkar människors livsbetingelser och den fysiska säkerheten (safety) har säkerhetsimplikationer (security) i en bredare bemärkelse som vi inte diskuterar vidare här utan hänvisar till FoT-projektet Miljö och Säkerhet.

Man kan dock konstatera att i många av energiscenarierna som redovisats i detta kapitel har just klimatförändringarna ofta en framträdande roll, men det handlar främst om hur dessa ska undvikas eller mildras snarare än om effekterna i sig och dess följdverkningar för människa och natur.

4.8 Sammanfattningsvis – några slutsatser med bäring på säkerhet

Essensen av scenariogenomgången och den tematiska diskussionen i detta kapitel sammanfattas nedan i ett antal slutsatser. Vi har använt dessa som byggstenar och inspiration för de scenarier som framställdes för en workshop för att tillsammans med Försvarmakten identifiera framtida hot och utmaningar för Försvarmakten (se avsnitt 7.1, samt bilaga 1):

Energisäkerhet vs. klimatsäkerhet?

Det finns en potentiell konflikt mellan energisäkerhet och klimatsäkerhet. För att säkra framtida energiförsörjning är satsningar på förnybara energikällor en väg att välja, men även alternativa fossila energikällor kan ses som en lösning på just den problematiken. I synnerhet stora satsningar på kol (utan CCS) kan innebära skenande klimatförändringar med oöverskådliga säkerhetskonsekvenser.

Fortsatt fossilberoende bidrar till fokus på ett antal 'hot-spots'

En ökad energianvändning av en växande världsbefolkning kommer i en fortsatt fossilberoende värld tillgodoses av ökat energiråvaruuttag av färre producenter. Utifrån ett globalt geografiskt säkerhetspolitiskt perspektiv bidrar denna trend till att fokus förskjuts en aning från osäkra regioner mot ett antal osäkra 'hot-spots', d.v.s. där stora volymer energi utvinns, produceras, raffinerar och distribueras.

Mer förnybar energi kan – men behöver inte – innebära ökad geografisk utspridning

Bioenergiressurerna är någorlunda jämnt fördelade över jorden. En stor global produktion av bioenergi förutsätter produktion utspridd över hela jorden vilket minskar tendensen med fossilbaserade energi-’hot-spots’. Även solenergi (samt vind och vågor) är relativt sett jämnt fördelad globalt sett, men val av tekniklösning spelar stor roll i termer av antingen centralisering eller decentralisering (t.ex. solceller för lokal elproduktion jämfört med storskalig produktion av vätgas).

Vätgassamhället kan bidra till bevarandet av rådande energiregimer och energistrukturer

Vätgassamhället kan innebära diversifierad och utspridd produktion, men också fortsatt centralisering, d.v.s. enligt rådande energistruktur (enligt ovan, energi-’hot-spots’ kommer dock flyttas). Å andra sidan kan vätgassamhället – om det baseras på fossil energi kombinerad med CCS-teknik – bevara också rådande energiregimer, d.v.s. att samma aktörer kontrollerar de geografiskt koncentrerade energiinsatsråvarorna.

Kärnkraften blir inte tongivande i ett globalt energiförsörjningsperspektiv men har många säkerhetsimplikationer

Kärnkraften kommer inte att bli den viktigaste lösningen vare sig för energiförsörjnings- eller klimatproblematiken, men utvecklingen och utbyggnaden av kärnkraft kommer att fortgå i främst Syd. Kärnkraftens speciella natur medför dock en rad säkerhetsimplikationer där den väl finns; security of supply (kärnbränsle), safety (olyckor, avfall etc.), security (driftsstopp, terrorism), samt kärnkraftens nära koppling till kärnvapen och andra radiologiska vapen, t.ex. vad gäller spridning av klyvbart kärnmaterial. En nyckelfaktor i detta sammanhang är förekomsten av anrikningsanläggningar avsedda för civilt bruk men som skulle kunna ställas om till produktion av kärnmaterial för vapenframställning.

Trenden mot ökad nationalisering och politisering står i kontrast mot frihandel och marknadsliberalism

Det kan vara så att spridningen av marknadsliberala värden och trenden med ökad frihandel är på väg att försvagas eller t.o.m. brytas – åtminstone inom energiområdet finns det tendenser som tyder på detta. Exempel på detta är nationalisering av (råvaru- och) energitillgångar samt statligt ägande utomlands (t.ex. via ’sovereign wealth funds’). Den ökande politiseringen, samt i viss mån

militariseringen, av energin av betydelsefulla aktörer förstärker tendensen att utöva politisk och fysisk kontroll snarare än endast kommersiell kontroll.

Bilaterala energiavtal kan medföra splittring inom EU

Beslutsfattare på nationell nivå kan inför pressade situationer, t.ex. energikriser, drivas att kortsiktigt säkra energitillgången för egen del genom bilaterala avtal. Detta skulle kunna splittra enigheten inom t.ex. EU och försvåra gemensamma ställningstaganden (t.ex. säkerhets- och utrikespolitik) och gemensamt agerande (t.ex. militära insatser) inom en rad områden.

Förutsättningarna för 'den ljusa framtiden' kontrasterar i viss mån emot varandra

I önskvärda framtidsbilder har teknikutvecklingen på energiområdet tagit stora språng, kraftfulla åtgärder har vidtagits för att hejda klimatförändringarna, den extrema fattigdomen i Syd utrotas, den ekonomiska utvecklingen är god och degenereringen av ekosystemen upphör. De förutsättningar som indirekt antas är inte alltid helt kompatibla. Det gäller t.ex. ekonomisk tillväxt kontra minskat naturresursuttag och miljöförstöring; eller fritt spelrum för marknadsmekanismerna kontra stark statlig styrning, kraftfullt statligt FoU-stöd och internationella klimatöverenskommelser.

Energiproblematiken förstärker klyftorna mellan fattig och rik

Högre energipriser gynnar de som redan har. För u-länder utan egna energitillgångar medför högre energipriser att kostnaderna för energiimport tar resurser från de sociala sektorerna och samhällsuppbyggnaden, vilket kan bidra till ytterligare klyftor mellan den rika och fattiga delen av världen. Dessutom kan stor efterfrågan på biodrivmedel – åtminstone delvis – leda till höjda livsmedelspriser, som slår hårdast på den fattiga delen av världen. Även klimatförändringens effekter (liksom förmågan att anpassa sig till ett förändrat klimat) förväntas drabba fattiga länder hårdare än rika länder.

Blir Arktis det nya Mellanöstern i spåren av klimatförändringarna?

Ett varmare klimat kan bidra till att energiresurser i Arktis-regionen blir tillgängliga för utvinning. Dessutom blir nya distributionsleder för bl.a. energi tillgängliga till havs. Rättigheterna till framtida utvinning är omtvistade, vilket kan bidra till säkerhetspolitiska spänningar och ökad militarisering av regionen.

Peak-oil – ett litet gupp eller rakt in i bergväggen?

Peak-oil blir bara en liten störning i den ekonomiska tillväxten, eftersom det är gott om tid att utveckla ny energiteknik som blir lönsam och kommersialiseras i takt med stigande energipriser. Eller så leder peak-oil till en global depression som saknar motstycke samt att världsbefolkningen kommer att minska på ett smärtsamt sätt eftersom post-oljeeran inte kan mätta alla munnar.

5 Olika aktörers energipolitik och syn på energisäkerhet

Energiförsörjningen är en viktig faktor i många staters säkerhetspolitiska överväganden och påverkar därför den globala säkerhetspolitiska kontexten för svenskt försvar. Vi konstaterade också i kapitel 4 att somliga aktörer inte bara har stora möjligheter att respondera på omvärldsförändringar utan även delvis formar framtiden i vid bemärkelse. Vi sammanfattar därför i här några betydande nationers och organisationers energipolitik och syn på energisäkerhet.

5.1 EU

EU startade en gång i tiden som ett energisamarbete, Kol- och stålunionen följt av Euratom. EU-kommissionen skriver i sin grönbok *A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy* från 2006 att medlemsländernas energipolitik bör ha tre huvudmål:⁴⁹

1. Hållbarhet genom bland annat förnyelsebara energikällor och minskad efterfrågan på energi.
2. Konkurrenskraft, där en åtgärd är att öppna och avreglera energimarknaderna.
3. Försörjningstrygghet genom minskat beroendet av importerad energi (t.ex. genom minskad efterfrågan och ökad diversifiering av energikällorna).

Man ser att framtida energiutmaningar ska mötas genom balanserade åtgärder för att uppnå målen. Ett exempel är att ökad energieffektivitet inom industrin kan öka dess konkurrenskraft, samtidigt som beroendet av fossil energi från säkerhetspolitiskt instabila områden minskar och med det även miljöbelastning och klimatpåverkan.

En fungerande inre marknad för energi anses vara en förutsättning för alla målen. En konkurrensutsatt marknad kommer att sänka kostnaderna för privatpersoner och företag och främja energieffektivitet och investeringar liksom konkurrenskraft. Den behövs i ett hållbarhetsperspektiv för en effektiv tillämpning av ekonomiska styrmedel (exempelvis handel med utsläppsrätter). En välfungerande och konkurrensutsatt inre marknad för energi kan även gynna försörjningstryggheten och ge offentliga tjänster av högre kvalitet. Om näten avskiljs från de

⁴⁹ COM (2006a)

konkurrensutsatta delarna av el- och gasbolagen ger det ett incitament för företagen att investera i ny infrastruktur och ny produktionskapacitet. Avbrott i kraftförsörjningen och onödiga prisstegringar kan därigenom undvikas.

I början av 2007 lade EU-kommissionen fram ett förslag till energipolitik för EU: *An Energy Policy for Europe*, som förutom de tre målen nämnda ovan, även inkluderar ett strategiskt mål som ledstjärna för energipolitiken och en handlingsplan för åren 2007-2009.⁵⁰ Det strategiska målet formuleras som; ”EU:s mål i internationella förhandlingar skall vara att de utvecklade länderna år 2020 skall ha minskat sina utsläpp av växthusgaser med 30 % jämfört med 1990. Dessutom skall de globala utsläppen av växthusgaser fram till 2050 minskas med upp till 50 % jämfört med 1990, vilket innebär att de industrialiserade länderna skall minska sina utsläpp av växthusgaser med 60-80 % fram till 2050.” De åtgärder som nämns i handlingsplanen är bl.a. energieffektivisering, att öka andelen förnybar energi och biobränslen i energimixen, att etablera en intern energimarknad, samt att förstärka solidariteten och samverkan mellan medlemsstaterna (bland annat avseende utveckling av nya energitekniker).

Man konstaterar att världen, inklusive EU, står inför energi- och miljöproblem, bland annat hur konkurrenskraftig och ren energi för EU mot bakgrund av klimatförändringen, liksom snabbt ökande globalt energibehov och framtida försörjningsosäkerheter, kan garanteras. Det är vidare viktigt med en stark europeisk energistrategi, då hela EU kan påverkas av att en enskild medlemsstat misslyckas med att lösa dessa problem.

Vid Rådets toppmöte i juni 2008 uppmanades Kommissionen till ytterligare åtgärder för att öka energieffektiviteten och energibesparingarna, och för diversifiering av EU:s energikällor. Vikten av nya tekniker och stödåtgärder för att underlätta investeringar i energieffektivitet och användning av förnybara energikällor påtalades. Rådet uppmanade dessutom medlemsstaterna och kommissionen att påskynda genomförandet av handlingsplanen för energieffektivitet och överväga en eventuell revidering.

Frågan om energisäkerhet, i bemärkelsen tillförsäkerhet, kom även upp på agendan i samband med Georgienkrisen. Vid Europeiska rådets extramöte i början av september påpekades att händelserna i Georgien ytterligare påtalar vikten av att fördjupa ansträngningarna för att öka energisäkerheten. Rådet, i samarbete med Europakommissionen, uppmanades att undersöka åtgärder, framför allt vad gäller diversifiering av energikällor och tillförselvägar.⁵¹

⁵⁰ COM (2007b)

⁵¹ Presidency conclusions of the Extraordinary European Council held in Brussels, 2008-09-02

EU:s syn på och förmåga till en gemensam position i energisäkerhetsfrågan är omdebatterad.⁵² I vissa fall är man tveksam till om EU över huvud taget kan inta en gemensam position i energifrågan, då vissa av de stora länderna, som Frankrike och Tyskland, kan antas sätta nationella intressen i främsta rummet.⁵³ Svårigheten att nå en gemensam syn i energifrågor ligger i de olika förutsättningarna för de enskilda länderna. I nuläget bibehåller man kontrollen över de nationella energimarknaderna och lutar på bilaterala avtal med olje- och gasleverantörer, med starkt begränsad koordination med andra EU-länder. Vid Europeiska rådets möte i oktober betonade man att EU måste hitta och förmedla ett gemensamt budskap i kontakten med tredje part.⁵⁴

Javier Solana, EU:s talesman i utrikes- och säkerhetspolitiska frågor, har påtalat den hämmande verkan som EU:s energibehov kan ha på förmågan att uppnå andra utrikespolitiska mål, t.ex. konflikthantering och mänskliga rättigheter.⁵⁵ Han betonade även problemet med att relativt smala nationella intressen värnas på bekostnad av de bredare europeiska intressena. Solana efterlyser ett gemensamt och brett perspektiv i synen på energisäkerhet och att effekter på andra områden beaktas, t.ex. Europas stöd för biobränslen som höjer matpriser, vilket påverkar fattiga människor. De sociala och ekonomiska konsekvenserna av detta kan hota den politiska stabiliteten. Man kan även behöva förändra energisystemens styrning och involvera nya aktörer; indisk och kinesisk medverkan i IEA skulle kunna stärka legitimiteten och effektiviteten. Europa bör även vidhålla krav på ömsesidiga investeringar, d.v.s. både uppströms och nedströms, och agera starkare för diversifiering av både energikällor och transportvägar. En viktig del i detta är Nabucco, d.v.s. den gasledning som ska distribuera gas från Kaspiska havet genom Turkiet till Österrike. Ledningen stöds av EU och konstruktion påbörjas troligen under 2009.⁵⁶

5.2 Storbritannien

I det brittiska vitpappret om energi *Meeting the Energy Challenge*⁵⁷ beskrivs klimatförändringarna och tillgång till säker, ren och rimligt prissatt energi som de två långsiktiga utmaningarna på energiområdet. Dessa utmaningar måste

⁵² EU:s interna och externa utmaningar på energisäkerhetsområdet analyseras i Larsson, R: Tackling Dependency: The EU and its Energy Security Challenges, 2007, FOI-R--2311--SE. Se även Belkin (2008).

⁵³ Garibaldi (2008)

⁵⁴ Draft report to the European Council on energy security (2008)

⁵⁵ Solana (2006)

⁵⁶ Solana (2008)

⁵⁷ DTI (2007). Energypolicyn bygger på tidigare arbeten, bland annat DTI (2003) och DTI (2006)

hanteras i en kontext av att det behövs en global ansträngning för att hantera klimatförändringarna, att priset på fossila bränslen ökar och att avregleringen av EU:s energimarknader går långsammare än väntat, samtidigt som Storbritanniens beroende av importerad energi ökar och det finns ett stort behov av investeringar i kraftstationer, elnät och gasinfrastruktur.

Kol, olja och gas kommer fortsatt att svara för en stor del av världens energibehov och därför behöver man hitta sätt att minska utsläppen från dessa källor. Ökad konkurrens om resurser kommer att leda till en markant ökning av handeln med fossila bränslen de närmsta 20 åren. En stor andel av världens återstående olje- och gastillgångar finns dessutom samlade på ett fåtal platser. Tillsammans med dåligt fungerande marknader, sårbar infrastruktur och osäkerhet kring politiska åtgärder för att hantera klimatförändringen bidrar det till minskad energisäkerhet.

De fyra målen för den brittiska energipolicyn är:

1. Att minska koldioxidutsläppen med 60 % till 2050, med tydliga framsteg till 2020.
2. Att bibehålla tillförlitligheten i energitillgången (energisäkerhet).
3. Att främja konkurrensutsatta marknader i Storbritannien och internationellt, vilket ska stärka den ekonomiska tillväxten och förbättra produktiviteten.
4. Att försäkra att varje hem är tillräckligt uppvärmt till ett överkomligt pris.

Ett förbättrat ramverk på energisidan ska underlätta för näringsliv, individen och staten att spara energi, utveckla renare energi, säkra tillgången på energi som är prissatt på konkurrensutsatta marknader och stimulera till investeringar i energi i rätt tid. Energistrategins nyckelelement är:

- o Ett internationellt nätverk för att hantera klimatförändringarna.
- o Bindande utsläppsmål för hela den brittiska ekonomin.
- o Konkurrensutsatta och transparenta energimarknader.
- o Energibesparingar genom information, incitament och regleringar.
- o Stöd till tekniker med låga koldioxidutsläpp.
- o Tillhandahålla de rätta förhållandena för energiinvesteringar.

Som utgångspunkt ser man energibesparingar som det billigaste sättet att minska koldioxidutsläppen och bidra till ökad energisäkerhet (genom ett minskat importberoende).

På längre sikt ses renare energi genom bland annat uppvärmning från vätgaskällor och lokal produktion av energi genom mikrogenerering och produktion från biomassa, istället för från gas. Eftersom det inte enbart handlar om att begränsa koldioxidutsläppen, utan även om energisäkerhet, kan man inte enbart förlita sig på förnybara källor utan behöver diversifiering. Exempelvis ger vindkraften, som förvisso är kostnadseffektiv, en ojämn elproduktion. Man behöver därför fortfarande fossila bränslen, men med infångning och lagring av koldioxid (CCS).

Kärnkraften framtid i Storbritannien har varit oklar. Man ser nu ett större behov av att bekämpa klimatförändringarna samtidigt som man gjort framsteg i avfalls- hanteringsfrågan. Det har också blivit relativt sett billigare att producera el genom kärnkraft och företag har visat sig vara beredda att investera i nya anläggningar. Utan kärnkraften anser man att det blir svårare att nå policymålen om energisäkerhet och minskade koldioxidutsläpp. I transportsektorn ska renare bränslen, ökad bränsleeffektivitet och förändrad användning av fordon bidra till lägre utsläpp.

På energisäkerhetsområdet finns två större utmaningar. En är förknippad med ökat importberoende av olja och gas, då även konkurrensen ökar och energifrågan blir alltmer politiserad. Reserverna är dessutom koncentrerade till färre platser, långt bort och man är även tvungen att köpa energi från marknader som varken är helt konkurrensutsatta eller transparenta. Det finns även en risk att det inte görs tillräckliga investeringar i producentländerna. Den andra utmaningen är även den kopplad till investeringsbehovet, men nationellt, vad gäller gasinfrastruktur, kraftstationer och elnät de kommande decennierna.

5.3 USA

Det finns ett antal mer eller mindre sammanlänkade amerikanska policydokument på energiområdet. Gemensamt för alla är att man ser att ny och förbättrad teknik är en viktig framgångsfaktor för att hantera både energisäkerhets- och klimatproblematiken.

2001 lade president Bush fram en *National Energy Policy*⁵⁸, med över hundra rekommendationer för att öka de inhemska energitillgångarna, stimulera energi-

⁵⁸ Report of the National Energy Policy Development Group (2001)

effektivitet och -besparingar, främja investeringar i energiinfrastuktur och utveckla alternativa och förnybara energikällor. 2005 antog kongressen en *Energy Policy Act*, som till stora delar följer de principer som beskrevs i *National Energy Policy*. De mål det amerikanska energidepartementet (DoE) har avseende energi, vetenskap, miljö och nationell säkerhet, inkluderar utveckling av nya energitekniker, minskat beroende av utländska energikällor, skydd av kärnvapenarsenalen och att se till att USA bibehåller sin konkurrenskraft. För att stödja detta, framför allt avseende minskat beroende av utländska energiresurser (främst olja⁵⁹) presenterade president Bush i sitt 'State Of The Union'-tal i januari 2006 ett *Advanced Energy Initiative* (AEI)⁶⁰. AEI riktar in sig på bränsle- och kraftförsörjning av fordon, hushåll och affärsverksamhet. Genom AEI stöds forskning, utveckling och tillämpning av gröna energitekniker, för att diversifiera energimixen. AEI påskyndar utvecklingen av kolteknik med låga utsläpp, för att kunna utnyttja de amerikanska tillgångarna på kol. *Global Nuclear Energy Partnership* är en annan komponent, som verkar för en expansion av kärnkraft för att ge ren, säker och rimligt prissatt energi. För fordon gäller ökad effektivitet, 'plug-in'-hybrider, utökad användning av inhemsk biomassa (konkurrenskraftig etanol från cellulosa bland annat) och utveckling av bränsleceller som använder inhemskt producerad vätgas. Elektricitet kan genereras från ren kol, avancerad kärnkraft och förnybara resurser, för att komma ifrån den dyra användningen av naturgas. Tillsammans med *American Competitiveness Initiative* (ACI)⁶¹ bildar *Energy Policy Act* och AEI en omfattande strategi för att tackla de svåra och långsiktiga utmaningarna på energiområdet. DoE gav ett år efter ut en statusrapport *On the Road to Energy Security: Implementing a Comprehensive Energy Strategy*⁶² där man gick igenom de framsteg som gjorts. I denna beskrevs huvudmålen för energistrategin:

1. Diversifiering av amerikanska energityper och -källor genom

- att främja alternativa och förnybara energiresurser,
- att stimulera ökad användning av säker kärnkraft,

⁵⁹ USA importerade totalt under 2007 mer än hälften av den råolja och raffinerade petroleumprodukter man använde (vilket var 20.7 miljoner fat per dag). Ungefär hälften av detta kommer från det västra halvklotet, främst Kanada (18 %). Andra stora exportörer till USA är Mexiko (11 %), Saudiarabien (11 %), Venezuela (10 %) och Nigeria (8 %), se t.ex. http://tonto.eia.doe.gov/energy_in_brief/foreign_oil_dependence.cfm

⁶⁰ Bush, G. W. (2006)

⁶¹ ACI presenterades tillsammans med AEI vid presidentens State of the union-tal våren 2006. Målet är att investera i nästa generations vetenskapsmän, ingenjörer och utbildning, så att USA kan fortsätta att vara på framkant vad gäller innovation. ACI finansierar bland annat basforskning och matematik- och teknisk utbildning.

⁶² DoE (2007)

- att öka inhemsk produktion av konventionella bränslen, samt
 - att öka investeringarna i vetenskap och teknik.
2. Ökad energieffektivitet och -besparing i hushåll och affärsverksamhet.
 3. Förbättrad energieffektivitet i bilar och lastbilar.
 4. Moderniserad elkraftsinfrastruktur.
 5. Ökad beredskapslagring av råolja (Strategic Petroleum Reserve).

DoE:s strategiska plan från 2006 syftar till att stärka den amerikanska energisäkerheten samtidigt som den ekonomiska vitaliteten bibehålls.⁶³ I planen återfinns fem teman, varav energisäkerhet genom pålitlig, grön och rimligt prissatt energi är ett. Den amerikanska energisäkerheten hotas av det stora beroendet av olja. Stor ökning i efterfrågan av energi, kombinerat med begränsade resurser och produktionsmöjligheter har lett till kraftigt ökade priser på både olja och gas, vilket i sin tur förändrat förutsättningarna för industrin och annan kommersiell verksamhet. Den amerikanske energiinfrastrukturen är eftersatt och hotar därmed pålitligheten i energisystemet. Det finns även miljömässiga skäl att se över energiproduktion och -användning. Ett antal strategiska mål finns kopplat till energisäkerhet:

Energidiversifiering

Att öka valmöjligheten och minska beroendet av olja minskar sårbarheten för störningar och ökar flexibiliteten att kunna möta amerikanska behov. För att uppnå detta behöver man minska beroendet av importerad energi, framför allt av olja till transportsektorn genom att utveckla tekniker för t.ex. ökad bränsleeffektivitet. Man ser ökat internationellt samarbete som ett sätt att utveckla tekniker för alternativa energiresurser och kärnkraft som kan ersätta naturgas. Inhemska oljelager och konstruktion av en gasledning från Alaska är också åtgärder i detta spår.

Minskad miljöpåverkan och utsläpp av växthusgaser från energianvändning

Detta mål ska nås bland annat genom ny kärnkraftskapacitet för att producera kolfri elektricitet redan 2015 och utveckla nästa generations reaktor och bränslecykel för både elektricitet och vätgasproduktion till 2025. Utnyttjande av landets kolreserver genom så gott som utsläppsfria tekniker och stöd till forskning och utveckling av billigare tekniker för el från förnybara energikällor är andra åtgärder. För transportsektorn gäller minskade utsläpp genom förbättrad bränsle-

⁶³ DoE (2006)

effektivitet och användning av renare bränslen, utan att ge avkall på säkerhet, prestanda och pris. Även här ser man samarbete med andra statliga institutioner, näringsliv och länder som ett viktigt steg för att påskynda användningen av tekniker med lägre utsläpp.

En flexiblare och mer pålitlig amerikansk energiinfrastruktur med högre kapacitet

Här tänker man sig mer avancerad teknik, både i själva elsystemen, i kontrollfunktionen och för möjligheter till bland annat distribuerad generering och lagring.

Efter det amerikanska maktskiftet 2009 kommer högst sannolikt den amerikanske energipolitiken att se annorlunda ut, åtminstone på det retoriska planet. President Obama har uttryckt att koldioxidutsläppen måste minska markant till år 2030 och sagt sig vilja satsa på alternativa bränslen, energieffektivisering, miljöbilar och ren kolförbränning. En annan satsning är smarta elnät, som kan regleras utefter efterfrågan och även integrera el från vind- och solkraft. När det gäller kärnkraft bör den bli billigare och säkrare och bättre kunna ta hand om avfallet. Obama har presenterat en omfattande energiplan⁶⁴, men det råder än så länge stor osäkerhet om vad som faktiskt kommer att implementeras och i så fall när.

5.4 Ryssland

Rysslands uppfattning och intentioner rörande energi och råvaror är i stort sett inga hemligheter och man har klaggjort många av dem i offentliga dokument, däribland i den energistrategi som kom 2003. I huvudsak råder mycket stor samstämmighet mellan deklarerade intentioner och förd politik.⁶⁵

Data över energisektorn är dock fortfarande hemliga i flera avseenden och statistiken är osäker, d.v.s. överoptimistisk eller manipulerad. Ryssland skiljer sig dock i detta avseende endast marginellt från andra stater och bolag.

Överlag gäller att energipolitiken ska stödja såväl nationella som utrikespolitiska och ekonomiska mål, vilka alla ligger under ett säkerhetspolitiskt paraply. Energipolitiken ska användas för att bemöta makroekonomiska, geopolitiska och andra hot – huvudsakligen risken att bli utpressad. Moskva säger explicit att energipolitiken ska användas som säkerhetspolitiskt instrument. Genom att energifrågorna gjorts till en säkerhetspolitisk angelägenhet legitimerar stats-

⁶⁴ The Obama-Biden comprehensive New Energy for America Plan (2008)

⁶⁵ Detta avsnitt utgör ett kondensat av Larsson, R. L. (2006)

makten, åtminstone ur rysk synvinkel, användande av extraordinära maktmedel för att hantera energifrågorna. Detta gäller såväl nationellt som internationellt.

Energipolitiken syftar även till att skapa tillväxt, öka (räckvidden för) ryskt inflytande i utlandet samt säkerställa Rysslands oberoende. Oberoende är av största vikt och Ryssland är beredd till stora uppoffringar för att skydda det. Ryssland anser att energitransit över andra staters territorium, liksom utländska intressen, hotar Rysslands oberoende och måste därför bemötas kraftfullt. Konflikterna med Ukraina vintrarna 2006 och 2009 visar hur svårt det är för Ryssland att bedriva önskad politik utan negativa sidoeffekter, vilket i detta fall betydde att tredje part drabbades.

Nationellt avser den ryska staten att behålla greppet kring strategiska tillgångar (underjordiska resurser, energibolag, infrastruktur) samt de nyckelposter och stödjepunkter med vilka energisektorn kan kontrolleras. Utanför denna strategiska ram kommer säkerligen marknadsanpassningen att fortskrida. Samtidigt förs fler och fler frågor in i den strategiska ramen och osynliga politiska ramar för marknadens agerande existerar.

Ryssland vill låta sig integreras i internationella strukturer och bli en pålitlig energileverantör, men risken att förlora oberoendet sätter gränser för i vilken utsträckning det kan ske. Dessutom vill inte Ryssland under WTO-regler subventionera utländska konsumenter samtidigt som man genomför prisökningar för nationella kunder. Beroende, sårbarhet och integration står mot autonomi och säkerhet. Integration kan därför enligt rysk syn endast ske i liten utsträckning och på Rysslands villkor.

Strävan att bli en pålitlig leverantör tycks emellertid vara ärligt menad. Det är inget självändamål att överutnyttja energivapnet och Kreml är väl medvetet om sin strategi. Ryssland vet naturligtvis att konsekvent missbruk av energileveranserna får negativa följder. Att Ryssland ska vara en stormakt jämbördig med t.ex. USA, Tyskland, Indien och Kina är något som den politiska ledningen har strävat efter att realisera. Respekt kan därför inte enbart komma från hot och påtryckningar.

Kremls kontroll av energisektorn

Den ryska gassektorn är fortfarande en statligt styrd sektor snarare än en marknad. Pågående omstrukturering kommer endast att ha marginell påverkan på kort sikt. Ingen politisk vilja finns att helt avreglera sektorn även om Gazprom i dagsläget privatiseras. Oljemarknaden, liksom kolmarknaden, är i huvudsak avreglerad även om de viktigaste aktörerna är statskontrollerade. Atomenergi-

sektorn är även den statligt styrd. I stor sett all tillväxt inom energisektorn kommer från privata och marknadsdrivna bolag med minimal statsinblandning.

Nationellt kontrolleras 100 % av gasen och 30 % (2006) av oljan direkt av Kreml, liksom alla viktiga och strategiska beslut inom energisektorn. Vidare är statsledningens kontroll av och möjlighet att påverka energimarknaden mycket större än vad formella ägandestrukturer visar. En del av de till synes fristående bolagen kontrolleras av företag som i sin tur ägs av statskontrollerade bolag. Även privatiserade bolag har statsrepresentanter i styrelserna. Det bör dock understrykas att stärkande av statens eller de statskontrollerade bolagens tillgångar inte nödvändigtvis har som mål att stärka det statliga ägandet. Istället överförs tillgångar till aktörer (personer och bolag) som kanske inte ägs av staten men som i hög grad agerar i statens intresse. Man bygger på så sätt upp en 'politiskt korrekt marknadsekonomi'.

Den ryska energipolitikens betydelse

För Ryssland är energiexportinkomsterna av vital betydelse. I stort sett hela Rysslands ekonomi och tillväxt baseras på råvarusektorn. Det gör ekonomin skev, instabil och sårbar.

Betydelsen av rysk energi för världsmarknaderna är mycket stor. Med cirka 6 % av oljereserverna och 30 % av naturgasreserverna kommer betydelsen att kvarstå under överskådlig tid, speciellt om hänsyn tas till ökat intresse för de energibärare som exporteras. Leveransfluktuationer får t.ex. direkt påverkan på antingen prisbilden (olja) eller volymer (gas). Energin går i huvudsak till Europa, men i ökad utsträckning även till Kina, Japan och USA. Europas beroende av rysk energi är mycket stort.

Energileveransernas betydelse är så stor att Ryssland kan obstruera eller generellt påverka utvecklingen i beroende stater, men har inte möjlighet att totalt diktera eller kontrollera utvecklingen. Inom OSS är påverkansmöjligheterna mycket stora och kan ha effekt på marginalen.

Rysslands uppfattning, intentioner, kapacitet och tidigare aktiviteter inom energipolitiken i kombination med brister i demokrati och rättsstatlighet gör att problemen som omgärdar rysk energi och energiexport kan vara större än de först synes vara. En hög grad av oförutsägbarhet präglar rysk utveckling. De djupa strukturella osäkerheter, obalanser och motsägande trender som finns underminerar den skenbara stabiliteten såväl ekonomiskt som politiskt. Ryssland har idag få eller svaga demokratiska spärrar mot oönskat beteende. Risken för ekonomisk instabilitet kan inte uteslutas om oljepriset skulle sjunka till låga nivåer.

Beroende av rysk energi behöver inte vara ett problem *per se*. Problemen finns dock och bottnar i frågetecken kring leveranssäkerhet, och de har stor bäring på andra säkerhets-, handels- och utrikespolitiska relationer, vilka kan påverkas negativt av det ryska agerandet och inställningen till energifrågorna. Det innebär att friktioner riskerar att uppstå mellan Ryssland och energikonsumenter, speciellt inom OSS och Baltikum. Därtill kommer risken för ökad friktion mellan konsumenterna av rysk energi, mellan Kina, USA och EU vid ökad konkurrens på det globala planet, men även mellan starka och svaga EU-medlemmar (t.ex. Tyskland och Polen).

Den ryska statsledningens syn på energi som såväl ekonomisk som säkerhetspolitisk maktfaktor medför även att den legitimt kan hanteras med extraordinära medel. Detta gäller såväl nationellt som internationellt och innebär t.ex. att statsmakten ser det motiverat att hemfalla åt åtgärder såsom expropriering eller stryppande av energiexporten. Fenomenet förekommer även inom andra delar av det globala spelet om energi.

Ryssland, likt OPEC, agerar dock utifrån ett producentperspektiv, till skillnad från EU, Indien, Kina och USA, som är nettokonsumenter och kan därför ta till extraordinära medel för att säkra energitillgänglighet (snarare än att använda energipolitiken för andra syften).⁶⁶

Rysslands framtida pålitlighet som energileverantör

Rysslands framtida pålitlighet kan ses ur flera synvinklar. Geologi, marknadsaspekter och den fysiska robustheten i leveranssystemet är oftast de viktigaste faktorerna ur försörjningssynpunkt, men det finns även en dimension rörande rysk pålitlighet. Om pålitlighet ses som en vilja att tillhandahålla energi och att energiflödet är obrutet är Ryssland, liksom Sovjetunionen var, i huvudsak en pålitlig leverantör. Pålitligheten beror dock på tidsperspektivet, vem kunden är samt på den allmänna kontexten. Det är viktigt att understryka att rent politiska åtgärder (utan en ekonomisk dimension) knappast förekommer inom energipolitiken, då energipolitiken både överlappar säkerhetspolitiken och området politisk ekonomi. Ekonomi och politik går alltså hand i hand.

På kort sikt är ekonomiskt eller politiskt motiverade energileveransavbrott från rysk sida riktade mot västra Europa osannolika. Risken ökar dock om en djup politisk kris skulle uppkomma mellan ett land och Ryssland. Om så är fallet skulle avbrottet med all säkerhet vara kortvarigt, partiellt och riktat mot en enskild importör (givet teknisk möjlighet att göra detta). Risken för att även

⁶⁶ Se Kiesow (2004) och (2003)

västra Europa drabbas av ett leveransavbrott riktat mot en annan aktör (som Ukraina) är som visade sig vintrarna 2006 och 2009 mycket stor.

Ett totalt eller permanent/långvarigt leveransavbrott av energi till länder i västra Europa, avsiktligt eller på grund av åtgärder mot tredje land, är däremot mycket osannolikt på kort sikt. På lång eller medellång sikt är det möjligt, men skulle sannolikt föregås av en större kris och förutsätter att Ryssland antingen har möjlighet att leverera energi till andra konsumenter eller använder energin självt.

Totala leveransstopp till forna östblocket, Kina och Japan är tänkbara, men i dagsläget inte sannolika. Beroende på hur relationerna med Ryssland ser ut är risken för leveransavbrott till Estland, Lettland, Litauen, Georgien, Moldavien, Ukraina och Vitryssland hög. Dessa risker gäller såväl olja som naturgas, men är viktigast då det gäller naturgas eftersom gas är svår att ersätta på kort sikt (både vid import och vid konsumtion på grund av behovet av rörledningar eller LNG-infrastruktur). Risken för partiella avbrott är generellt sett högre då totala leveransavbrott av naturgas är kostsamma, personalkrävande och komplicerade att genomföra. För Baltikum, OSS, Japan och Kina är risken hög och Ryssland har länge använt sina råvaror som lockbete för att spela ut olika aktörer mot varandra, både av politiska och ekonomiska skäl.

Ryssland har stora, men inte oändliga, resurser av olja och naturgas. Det innebär att Ryssland under överskådlig tid kommer att vara en mycket viktig producent av olja och gas. Samtidigt är investeringstakten (och investeringsklimatet) mycket bristfällig och inga riktigt stora fält har hittats sedan 1970-talet. Rysslands förmåga att exportera beror därför till stor del på hur den inhemska marknaden utvecklas. I ljuset av sinande ryska oljeresurser och stigande nationella behov pekar många analyser mot att Ryssland redan i dagsläget måste prioritera bland sina kunder. Som ett exempel kan det nämnas att Ryssland inte har tillräckliga resurser för att det ska vara försvarbart att bygga oljeledningar både till Kina och till Japan.

Oavsett om Ryssland utvecklas industriellt eller prioriterar den existerande och relativt ineffektiva inhemska marknaden kommer exportminskningen att ske allt snabbare eftersom den inhemska konsumtionen då ökar. I takt med att prioriteringarna kring dessa frågor klargörs, så blir Ryssland mindre känsligt för påverkan och kritik om man genomför framtida leveransavbrott. Givet samma betalningsvilja hos importörer av rysk energi, samt teknisk exportförmåga, kommer Ryssland säkerligen att prioritera kunder som har en positiv inställning till Ryssland (och som inte utgör ett hot eller hanterar relationerna till Ryssland på ett för Ryssland ofördelaktigt sätt). Konkurrensen om de ryska resurserna riskerar därför att hårdna mycket snabbt. Det är osannolikt att den ryska inten-

tionen att prioritera kol och kärnkraft för egen energianvändning får så pass stort genomslag att denna risk elimineras.

5.5 Kina

Kinas 'grand strategy', d.v.s. dess agerande för att uppnå de politiska målen, innehåller huvudsakligen tre delar: hållbar inhemsk utveckling, stabil och fredlig internationell miljö och militär kapacitet för ett tillförlitligt självförsvar. Från regeringshåll uppger man att en del i att uppnå en hållbar inhemsk utveckling är att se över hur industrialiseringen sker. Den ska till stor del bygga på naturvetenskap och teknik, ge god ekonomisk avkastning, innebära låg resursförbrukning och även låg miljöförorening. Vad gäller energi- och resursbehoven ska dessa lösas genom att främst förlita sig på de rikliga inhemska tillgångarna, framför allt kol, men även potentiella olje- och gastillgångar samt utveckling av förnybar energi.⁶⁷

Kinas energisituation och påverkan på utrikespolitiken⁶⁸

Kolet dominerar i Kinas energimix, 2004 stod kol för ungefär två tredjedelar av primärenergien. Näst efter kol kommer oljan, med ungefär en fjärdedel. Samma år stod förnybara energikällor för 7 %. 1993 blev Kina en nettoimportör av olja och 2005 var andelen importerad olja över 40 %.

Kinas ambition att utvecklas ekonomiskt har drivit på den kraftiga ökningen i energianvändning. Det är framför allt den ökade industrialisering och urbanisering som tillväxten medför som kräver energiintensiva produkter, såsom byggmaterial och metaller. Dessutom kan man säga att en stor del av energin har exporterats som varor, då den kinesiska ekonomin är starkt exportorienterad. Samtidigt bidrar irrationell prissättning på energi till den stora konsumtionsökningen. Subventioner på energi skyddar stora statsägda och ineffektiva tekniker från konkurrens från mer avancerade tekniker.

Kina upplevde fallande energiintensitet mellan 1980 och 2000 och skillnaden mot i-ländernas nivåer minskade. Teknikutveckling kan förväntas minska gapet ytterligare, men det behövs även policys för att stimulera snabbare teknikutveckling och -tillämpning. För närvarande finns vitt spridda tekniker inom Kinas energisektor, från avancerade solceller till småskaliga koleldade kraftstationer. Trots att man har den tekniska kapaciteten att utveckla moderna energiformer, upptar gammalmodiga tekniker en stor del av investeringarna och leder till inläs-

⁶⁷ Försvarshögskolan (2007)

⁶⁸ Baseras på Kiesow, I. (2004) och CASS (2006)

ningar på flera decennier. Det finns dessutom stora skillnader i tekniskt avancemang mellan olika regioner, med längre framskriden teknik i kustområdena.

Kina står inför situationen med ett snabbt växande energibehov och svårigheter att tillgodose detta. Beroendet av import av olja och gas beror bland annat på underinvesteringar i den inhemska kolindustrin. I landet finns gott om energireserver, men främst i delar långt ifrån de industriella centra som finns på östkusten och i södra Kina. Infrastrukturen är många gånger eftersatt, vilket medför att inhemsk transport av energiresurser blir olönsam till förmån för import. En renare och effektivare utvinning av energi från kol, samt förbättrad infrastruktur är alltså önskvärd. Åtgärder för att minska energiefterfrågan har vidtagits, bland annat restriktioner för investeringar i energiintensiv tillverkning av stål och aluminium.

Kina försöker förvärva utländska energitillgångar för att tillgodose sitt starkt ökade energibehov och stärka energisäkerheten. Kina har gjort påtagliga investeringar i ett antal länder, som Indonesien, Venezuela, Sudan, Nigeria och även Iran. I ökande omfattning är dock olje- och gasberoendet knutet till instabila länder i Afrika och Mellanöstern. I den plan man tog fram 2004 för energiproduktionen för de närmaste tjugo åren ingår därför diversifiering av oljeimportländer, ett utökat ägande av utländska oljekällor och ett statligt system för lagring av olja för att dämpa effekten av svängningar på marknaden. Kinas agerande för att tillgodose sina energibehov komplicerar utrikes- och säkerhetspolitiken. Försöken att diversifiera oljeimportkällorna har inte fallit speciellt väl ut. Det har också bedömts vara lättare att hyra eller förvärva oljekällan, vilket ger exklusiv exporträtt, ett agerande som USA anser bryter mot frihandelsprincipen. Stora kinesiska oljebolag, som China National Offshore Oil Corporation (CNOOC), är statliga och följer statliga direktiv, exempelvis när de köper upp oljefält i Mellanöstern, Centralasien och Afrika för export uteslutande till Kina.

Japan har skaffat sig företräde till oljefält i Sibirien, trots kinesiska avtal med det ryska oljebolaget Yukos. Kina och Japan är även oense om rättigheterna till fyndigheter i havet mellan länderna. Detta gäller även med ASEAN-länderna (i Sydostasien) om andra fyndigheter till havs. Här har Kina däremot antagit en något mer diplomatisk ansats och man har föreslagit samarbete med Filippinerna angående identifiering av områden som lämpar sig för exploatering.

Den kinesiska energistrategin⁶⁹

Flera kinesiska forskningsinstitut har engagerats för att ta fram en kinesisk energistrategi. 2004 avslutade the Development Research Center en studie där

⁶⁹ Avsnittet baseras på CASS (2006)

olika alternativ för en nationell energistrategi undersöktes: *China National Energy Strategy and Policy 2020*.⁷⁰ I strategiförslagen ingår bland annat fortsatta förbättringar avseende energieffektivitet, utökad tillgång och användning av naturgas, ökad användning av rena koltekniker för elproduktion, och utbyggnad av vatten- och kärnkraft. Ett annat mål är samordning av de många energiprojekt som genomförs.

Olja och gas är de stora stötestenarna vad gäller energisäkerheten, eftersom de inhemska tillgångarna är begränsade. Tillgången på importerad olja hotas av höga och fluktuerande oljepriser, konkurrens om den olja som når den internationella marknaden och den marina transportsäkerheten, då alltmer av oljeimporten skeppas via båt och merparten passerar Malackasundet, samt de politiska risker som uppstått då olja blivit en strategisk resurs och marknaden därmed påverkas av internationella politiska relationer. Då diversifiering av olje- och gaskällorna har politiska implikationer, satsar man även mycket på omvandling av kol, som finns i landet i rikliga mängder. Energidiversifiering för att optimera energimixen är en av prioriteringarna i Kinas energistrategi – för ökad energisäkerhet, miljöskydd och hållbar utveckling. Eftersom Kina är en integrerad del av världsekonomin krävs internationellt samarbete – inte bara strategiskt utan även finansiellt och avseende tekniker – för att uppnå energisäkerhet.

Förnybara energikällor tros komma att spela en allt viktigare roll framför allt i mer avlägsna områden dit de centraliserade kraftnäten inte kan nå på ett lönsamt sätt. För att främja dessa energislag har staten lagt fram ett antal lagar och industriella policys. Betydelsen av förnybar energi i Kinas energistrategi understryks av *China Renewable Energy Law* som trädde i kraft i början av 2006.

Den kinesiska energisäkerhetsdebatten har i stort handlat om de nationella oljebolagen (NOCs), som vill se lösningar på tillgångssidan, och energiexperter på olika forskningsinstitut som förordar en mer balanserad ansats som även tar hänsyn till konsumtionssidan. Införandet av *China's Medium and Long-term Energy Development Program From 2004 to 2020* kan ses som en seger för de senare. Här erbjuds exempelvis ekonomiska incitament för FoU kring nyckelteknologier och investeringar i förnybar kraftgenerering på landsbygden. Programmet prioriterar energibesparingar, ett minskat beroende av olja och utnyttjande av inhemska resurser. Skillnaden i syn på internationella relationer är

⁷⁰ CNESP (2004). Strategiförslagen presenteras som en huvudrapport och 11 delrapporter som täcker områdena (1) evaluation of the energy strategy in 1980-2000; (2) projected energy demand (2000-2020); (3) restructuring and optimization of the energy supply mix; (4) energy conservation and energy efficiency; (5) energy security; (6) energy, environment, and public health; (7) climate change; (8) renewable energy development; (9) macro-economic analysis and market reform strategies; (10) energy technology development; and (11) clean coal technology development.

stor, från konkurrensinriktad med bilaterala avtal som byggsten, till att istället se teknologiöverföring från tidigare konkurrentländer som en viktig del.⁷¹

Inställningen till kärnkraften är försiktig. Kinas stora potential för utveckling av energibesparingar och förnybar energi bör prioriteras, problemen kring avfallshandlingen är inte lösta, bidraget till energisäkerheten är tveksamt utifrån risker med olyckor och incidenter samt Kinas begränsade uranreserver. Dessutom krävs stora initiala investeringar som kan vara svåra att motivera utifrån de osäkerheter som råder. Ökning i användning av kärnkraft har ändå varit snabb och planeras att svara för 6 % av kraftgenereringen år 2020.

Det kinesiska systemet och energistrategin⁷²

Top-down-styrningen medför att staten har ett stort inflytande över planering och styrning av ekonomin. Framgången för de energibesparingsåtgärder som vidtogs 1980-2000 kan tillskrivas det planerade systemet. Output från industrin kom främst från statsägda sektorer och centralstyrningen kunde implementera policyn genom lämpliga offentliga instanser, med adekvat finansiering. Dessutom var energiresurserna knappa och det var därmed enkelt att stödja energibesparingar genom begränsningar i distributionen.

Under 1990-talet genomgick Kina stora förändringar och marknadsfunktioner har tagit över mycket av den tidigare starka administrationen, vilket minskat effektiviteten hos energibesparingspolicys. De statsägda företagens betydelse har gradvis minskat, samtidigt som det centrala styrets påverkan över det lokala blivit allt mindre. *The Energy Conservation Law* från 1997 innehöll många goda avsikter, men få verkningsfulla åtgärder har vidtagits för att implementera dessa. Det fanns ingen utpekad institution som kunde koordinera implementeringen av en energipolicy. Dessutom har den energiproducerande sektorn stort politiskt och ekonomiskt inflytande på central och lokal nivå. En annan faktor är att några energiintensiva industrier är statsägda, vilket medför att de inte utsätts för stränga budgetbegränsningar och därmed inte påverkas på samma sätt av höga energipriser.

En utvärdering av energistrategialternativen gjordes 2005.⁷³ För att en energistrategi ska få genomslag föreslogs att den institutionella styrningen skulle stärkas. Avreglering och marknadsanpassning ansågs i slutet av 1990-talet vara bra för att öka effektivitet och produktivitet, men dessa vinster har numera avtagit och andra åtgärder måste till. Kina måste fokusera på effektivitet och på

⁷¹ Christoffersen (2005)

⁷² Baseras på CASS (2006)

⁷³ Lawrence Berkeley National Laboratory och National Renewable Energy Laboratory (2005)

långsiktig utveckling av alternativa energiformer. De mål som sätts upp nås troligast om man inrättar ett nytt ministerium för energi⁷⁴ med ett klart mandat och som kan lösa tvister mellan olika aktörer i energisektorn.

Efter en energikris 2005 omorganiserades energiadministrationen, för att uppnå starkare ledning i energifrågorna. En 'Leading Group on Energy' hanterar den fragmenterade och decentraliserade energisektorn för att införa en enhetlig nationell energiplan, dock utan att blanda sig i oljebolagens verksamhet. State Energy Office (SEO) ska tillhandahålla administrativt stöd, utföra strategisk planering och utarbeta policys, medan National Development and Reform Commission's Energy Bureau ska fokusera på implementering. I SEO:s mandat ingår även att säkra utländsk olja och gas, ha tillsyn över de kinesiska oljebolagen och beredskapslagen. En annan viktig uppgift är att ansvara för internationellt samarbete.

5.6 Indien

Den stora befolkningen, den snabba befolkningsökningen och den indiska ekonomins karaktär belastar Indiens naturresurser och egna energireserver, med förorening och störningar i eltillförseln som följd.⁷⁵

Energisituationen

En stor del av Indiens energianvändning, speciellt på landsbygden, sker i form av traditionella, icke-kommersiella bränslen som trä och dynga. Kol är den överlägset främsta primärenergikällan och kommer så att fortsätta vara, därefter kommer råolja och naturgas.

Kolreserverna finns främst i östra Indien, medan konsumtionen sker i de västra delarna. Transportproblem och andra höga kostnader medför att import ibland är billigare. Dessutom håller den importerade kolen emellanåt högre kvalitet. Kol erbjuder däremot en långsiktig källa för framtida energiförsörjning. Staten äger nästan all produktion och det finns restriktioner för privata gruvor.

Indien har oljereserver, främst i Arabiska sjön och i Assam. Däremot stiger konsumtionen snabbare än den inhemska produktionen kan tillmötesgå och som ett resultat av detta ökar oljeimporten, främst från staterna i Persiska viken. Detta speglar även den kortare transportvägen därifrån, än från Östasien till de ekonomiska centra som finns i östra Indien.

⁷⁴ Det tidigare Energiministeriet avvecklades 1993 pga. överlapp med andra departements uppgifter.

⁷⁵ Avsnittet baseras på Kiesow, I (2007) *India's Quest for Energy Security*, FOI memo 2003.

2004 bestämde staten att man skulle etablera ett system av strategiska oljereserver motsvarande en förbrukning av två veckor, för att utjämna effekter av störningar i råoljetillgången. Det höga priset på importerad råolja har påverkat Indiens ekonomi. Indisk industri har efterfrågat en reform inom kolsektorn för att eliminera energibristen och har i sin tur ombetts att minska sin energianvändning. Indiska regeringen har sagt sig vilja utveckla vätgasbaserade kraftgeneratorer och fordon redan till 2010, men mötts av skepsis kring möjligheterna att substantiellt påverka energitillgången på detta sätt.

Trots nya fyndigheter av naturgas förmår inte Indiens inhemska produktion att tillgodose det ökande behovet. Man har emellertid antagit ett mål om att begränsa luftföroreningar, vilket planeras uppnås genom ökad naturgasanvändning vid kraftgenerering. Indiska staten har bildat ett joint venture mellan statsägda och privata företag för att underlätta import av LNG (liquefied natural gas) och därigenom minska beroendet av gasinförsel genom pipeline via tredje land.

Då Indien består av flera stater är styrningen av energisektorn uppdelad. Energisektorn ses dessutom som en allmän resurs och i varje delsektor finns ett ministerium som är ansvarigt för bl.a. policyframtagning, implementering och tekniska forskningsinstitut. Ansträngningar har gjorts för att privatisera och därigenom förhoppningsvis effektivisera energisektorn och göra den bättre rustad för att möta en internationell marknad.

Agerande för ökad energisäkerhet

Tillgång till tillräckliga mängder energi är ett problem även för Indien. Energibehovet har från regeringshåll pekats ut som nyckeln till utrikespolitiken. Indien, liksom Kina, försöker förvärva utländska energitillgångar för att tillgodose sitt starkt ökade energibehov och stärka energisäkerheten. Statligt ägda ONGC, men även privata oljebolag, har förvärvat områden för olje- och gasutvinning i bland annat Myanmar, Sudan, Irak och Ryssland. Detta agerande verkar emellertid inte anses som lika hotfullt (av framför allt USA) som det kinesiska agerandet. Man verkar istället betrakta Indien som en balanserande kraft. Däremot motverkar det indiska engagemanget i Venezuela den amerikanska ambitionen att säkra oljetillgången därifrån för egen del. Indien och Kina konkurrerar till viss del om samma energitillgångar, men den indiske oljeministern Mani Shankar Aiyar har påpekat vikten av att ländernas oljebolag även samarbetar där det är möjligt.

Man behöver snabba lösningar, exempelvis gas via pipeline från Turkmenistan. En möjlig sträckning skulle vara att gasledningen passerar pakistanskt territorium. Detta ses p.g.a. relationerna med Pakistan av vissa som problematiskt, samtidigt som andra ser att det skulle kunna bli en förtroendeskapande åtgärd.

Man ser att ett ömsesidigt ekonomiskt beroende skulle kunna verka konflikt-dämpande. Ett alternativ eller komplement skulle vara en gasledning genom Iran, följt av sjötransport. USA motsätter sig förhandlingar med Iran p.g.a. landets misstänkta kärnvapenambitioner och har därför lovat Indien tillgång till civil kärnkraftsteknologi. Detta skulle dock inte lösa de mest kortsiktiga behoven och dessutom bli betydligt dyrare, om man inte får hjälp med finansieringen. En annan pipeline som diskuterats är från Sibirien, via Kina till Indien. Denna skulle i så fall behöva passera oländig terräng och ett exportera LNG från Ryssland med fartyg skulle i så fall kunna vara ett billigare alternativ. Ett ryskt-kinesiskt-indiskt samarbete skulle inte vara önskvärt från amerikanskt håll och inte vara i enlighet med synen på Indien som motvikt mot Kina i Asien.

Under våren 2008 har Indien bestämt sig för att ansluta sig till TAP⁷⁶, som stöds av USA (det amerikanska oljebolaget United States International Oil Company bygger ledningen). Man har sett att den är lättare att genomföra än Iran-Pakistan-Indien-ledningen, då den redan har uppbackning av Asian Development Bank och man dessutom inte riskerar att svartlistas av amerikanska och europeiska finansiärer.⁷⁷

5.7 G8

Energi har identifierats som en viktig fråga att behandla inom ramen för G8-ländernas⁷⁸ samarbete. Då man konstaterat att energi är en nödvändig resurs för att förbättra livskvaliteten för alla, är målet att säkerställa tillräcklig, tillförlitlig och miljömässigt gångbar energitillförsel till marknadsmässiga priser.⁷⁹ Några utmaningar är ökande energibehov, speciellt av importerad olja, höga och instabila oljepriser, klimat- och miljöpåverkan kopplat till energianvändning och behov av investeringar i och skydd av infrastruktur. Man ser att dessa utmaningar är av global natur och att ett ökat ömsesidigt beroende mellan energiproducenter, -konsumenter och transitländer kräver ökat samarbete för att uppnå global energisäkerhet. Utveckling av transparenta och konkurrensutsatta globala energimarknader anses vara det bästa sättet för att uppnå detta mål.

I den handlingsplan som satts upp för att uppnå global energisäkerhet, har man pekat ut några aktiviteter:

- att öka transparens och stabilitet på globala energimarknader,

⁷⁶ Turkmenistan-Afghanistan-Pakistan gas pipeline

⁷⁷ www.independent-bangladesh.com/200803313829/business/india-to-join-turkmenistan-afghanistan-pakistan-gas-pipeline.html

⁷⁸ Storbritannien, Frankrike, Italien, Japan, Kanada, Ryssland, Tyskland, USA och EU

⁷⁹ *Global Energy Security* (2006), <http://en.g8russia.ru/docs/11.html>

- att förbättra investeringsklimatet i energisektorn,
- att förbättra energieffektiviteten och öka energibesparingarna,
- att diversifiera energiblandningen,
- att säkerställa fysisk säkerhet för kritisk energiinfrastruktur,
- att minska knappheten i tillgång till energi, samt
- att verka mot klimatförändringar och för hållbar utveckling.

Man erkänner vidare de olika medlemmarnas olika sätt att uppnå energisäkerhet, exempelvis genom kärnkraft som ett sätt att diversifiera energimixen.

I juni 2008 upprättade G8-länderna, tillsammans med Kina, Indien, Sydkorea och EU, ett nytt multilateralt energiinitiativ; *International Partnership for Energy Efficiency Cooperation* (IPEEC). Syftet är att underlätta de åtgärder som ger stora energieffektivitetsvinster. Partnerskapet ska vara ett forum för diskussioner avseende energieffektivitet för att skapa en tydligare bild av de åtgärder som genomförs, skapa en samsyn och identifiera möjliga samarbeten och synergier.

5.8 Sammanfattande diskussion

EU har en rad svårigheter på energiområdet. Först av allt är man en stor energiimportör och är därmed till viss del i händerna på energiproducenterna, framför allt Ryssland. Sedan har man även problemet med medlemsländer som agerar på eget initiativ genom exempelvis bilaterala avtal, för att själva försöka försäkra sig om energitillgång. Åtgärder på energiområdet ska balanseras för att uppnå energistrategins tre mål om hållbar utveckling, konkurrenskraft och kostnadseffektivitet, samt trygg och säker energitillförsel. En förutsättning för framgång – som framhålls tydligt – är att man skapar en välfungerande inre marknad för energi. Man undviker i policy-dokumentet att beröra potentiella hinder som t.ex. enskilda medlemsländers egna initiativ i form av bilaterala avtal.

Storbritannien har, som en del i EU och som energiimportör, en liknande ansats. Klimatförändringarna och tillgång till säker, ren och rimligt prissatt energi beskrivs som de två utmaningarna. Även här förespråkas konkurrensutsatta och transparenta energimarknader. Det ökande importberoendet av olja och gas samt otillräcklig energiinfrastruktur både i producentländerna och nationellt hotar energisäkerheten. Energibesparingar ses som det billigaste sättet att minska koldioxidutsläpp och öka energisäkerheten. Diversifiering av energikällorna är nödvändig, förnybara källor behöver kompletteras med fossila, med tillämpning av CCS. Däremot är kärnkraftens roll ännu något oklar.

Även den amerikanska energisäkerheten hotas av det stora beroendet av importerad olja och eftersatt energiinfrastruktur. Energisäkerhetsstrategin har därför som mål att diversifiera energityp och källa, öka energieffektivitet och energibesparingar, samtidigt som kraften i ekonomin behålls. I många avseenden liknar den amerikanska energiproblematiken den europeiska. Därför är också resultaten av de analyser man gjort över energirelaterade risker och hot i stor utsträckning överlappande. Det finns dock en tydlig skillnad i ton och retorik i policy-dokument som berör energisäkerhet. Visserligen kan detta delvis bero på generella skillnader mellan amerikansk och europeisk kultur och politisk tradition. Å andra sidan är energin i USA på ett mycket tydligare sätt än i Europa definierad som en nationell säkerhetsfråga, vilket bl.a. speglas av att det amerikanska försvarsdepartementet formulerar delar av energipolicyn. Det amerikanska försvarsdepartementet liksom försvarsmaktsgrenarna är på ett helt annat sätt drivande jämfört med sina europeiska motsvarigheter när det gäller energifrågor.

Även Kina är en nettoimportör av energi, framför allt av olja och energibehovet ökar snabbt. Kina har därför gjort säkrad energitillgång till en del i sin utrikespolitik. Ett stort problem är att man till stor del är knuten till instabila länder för sin oljetillgång. Diversifiering av oljeimportländer och ökat ägande av oljekällor i utlandet ingår för att öka energisäkerheten. Denna ansats, där man genom att hyra eller förvärva oljekällan undandrar olja från marknaden och mellanstatliga förhandlingar, skiljer sig markant från den europeiska och amerikanska politiken och skapar friktioner. De stora kinesiska oljebolagen är statligt ägda eller under stort inflytande av staten. För ökad energisäkerhet skulle de stora inhemska resurserna av framför allt kol behöva exploateras. I nuläget gör geografiska och infrastrukturella aspekter att inhemsk transport av kol inte är lönsam. Man har även vidtagit åtgärder som riktar sig inåt landet, för att dämpa efterfrågan på energi. Försvagningen av den centrala administrationen till förmån för mer marknadsanpassad styrning förbättrade visserligen till en början effektiviteten i energianvändningen, men det förändrade också möjligheten till kontroll över implementeringen av energisäkerhetsåtgärder. Man har därför de senaste åren återinfört av viss grad av centralisering.

Indien lider, liksom Kina, av ett energibehov som ökar snabbare än den inhemska produktionen kan tillgodose. I Indien försöker man privatisera energisektorn för att uppnå högre effektivitet. I nuläget har både statligt ägda och privata företag förvärvat oljefält utomlands.

Till skillnad mot de ovanstående är Ryssland istället en nettoproducent av energi. Den ryska energipolitiken används för att bemöta säkerhetspolitiska och ekonomiska hot. Vidare anses användande av maktmedel befogat för att hantera

energifrågorna. Staten behåller kontrollen av strategiska energitillgångar och kan därmed lättare driva igenom förändringar i energisektorn. Det råder osäkerheter kring den ryska utvecklingen avseende tillgångar och infrastruktur liksom hur den ryska leveranssäkerheten påverkar dels de ryska relationerna med konsumentländerna, dels relationerna mellan konsumentländerna.

Grovt sett kan man säga att bland de stora betydelsefulla aktörerna finns både skillnader och olikheter beroende på vilken aspekt av energipolicyn respektive agerandet som avses, t.ex.:

- o Nettoproducent eller -konsument (liksom grad av energiberoende).
- o Ekonomins totala volym respektive tillväxttakt.
- o Statens vilja och möjlighet till inre respektive yttre intervention.
- o Militär, politisk och diplomatisk kapacitet.

Det är tämligen riskfritt att hävda att i alla tänkbara regioner eller platser där betydande mängder energi i framtiden kommer att utvinnas, raffinerats och distribueras, så kommer det också att finnas stormaktsintressen. I en av delstudierna under 2009, med säkerhetspolitiska förtecken, sätter vi fokus på några sådana regioner där också nuvarande stormaktsintressen liksom tänkbara maktförskjutningar kommer att behandlas.

6 Alternativa drivmedel och energiomvandlare: en kunskapsöversikt

I detta kapitel görs en översikt över ett antal alternativa drivmedel och energiomvandlare (t.ex. förbränningsmotorer och bränsleceller), dels sådana som är aktuella idag men även sådana som kan vara av intresse i ett längre tidsperspektiv. Syftet är att ge underlag till planeringen för Försvarmaktens egna framtida energilösningar. En sådan översikt kan göras utifrån flera olika perspektiv, t.ex. teknikutveckling, råvarutillgångar, teknisk säkerhet, lokala miljöaspekter (t.ex. avgasutsläpp), globala miljöaspekter (t.ex. utsläpp av växthusgaser utifrån ett livscykelperspektiv) och kostnadseffektivitet. Dessa olika infallsvinklar kan på olika sätt, direkt eller indirekt, relateras till det som kallas energisäkerhet, ett begrepp som sträcker sig över flera olika kategorier såsom teknisk säkerhet, produktions- och distributionssäkerhet, tillförselsäkerhet och den globala kampen om energiresurser. Ett exempel är miljöaspekten som inte nödvändigtvis är direkt relaterad till energisäkerhet, drivmedel framställda från kol i stället för olja kan innebära ökad energisäkerhet utan att för den skull behöva vara positiva ur miljösynpunkt. Dock är miljöfrågan idag en väldigt stark faktor som bidrar till att styra inriktning på den tekniska utvecklingen och påverkar därför indirekt också energisäkerhetsfrågan.

Fokus i denna översikt har huvudsakligen varit att beskriva teknikutvecklingen och att bedöma status och framtidsutsikter vad det gäller produktion och användning av drivmedel och energiomvandlare. Även lokala avgasutsläpp och utsläpp av växthusgaser har berörts översiktligt. Kunskapsöversikten har huvudsakligen avgränsats till markfordon. Eftersom detta projekt har en tidshorisont som sträcker sig bortom dagens maskinpark vi har vi försökt att belysa ett brett spektra av drivmedelsalternativ som möjligt utan att vara låsta till de drivmedel som är direkt kompatibla med dieselmotorn, som idag dominerar Försvarmaktens maskinpark.

Några viktiga bakgrundsdocument som denna litteraturgenomgången grundar sig på är bland annat *Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles*⁸⁰, och rapporter från IEA såsom bl.a. tekniköversikterna inom ramen för *IEA Energy Technology Essentials*⁸¹.

⁸⁰ Nylund et al. (2008)

⁸¹ IEA Energy Technology Essentials. (2007a, 2007b, 2007c)

Inom försvaret har området alternativa drivmedel berörts i ett antal aktuella rapporter. Två rapporter från FMV, en om SingleFuelPolicy (SFP, policy för enhetsbränsle)⁸² och en rapport som behandlar förnybara drivmedel i relation till Försvarmaktens regleringsbrev för 2006⁸³. Anders Ruck har i samverkan med FMV gjort projektrapporten *Framtidens fordonsbränslen inom försvaret* (2007) som behandlar SFP och förnyelsebara drivmedel. En annan rapport inom området är en studie från 2007 om förnybara drivmedel sammanhållen av Försvarmaktens logistikavdelning (FMLOG).⁸⁴

Motoranvändningen inom Försvarmakten domineras av dieselmotorer. FMV-rapporterna utgår huvudsakligen från befintlig materiel men även framtida system berörs. Några slutsatser vad det gäller alternativa drivmedel i ovanstående rapporter är att det vid val av förnybara drivmedel är viktigt att drivmedlet är lämpligt för befintlig och för ny materiel, att drivmedlet är tillgängligt på längre sikt samt att det finns utrymme för flexibilitet så att materiel fungerar med fossilt alternativt förnybara drivmedel även utanför Sveriges gränser. Bedömningen i FMV-rapporterna är att för nationellt bruk kan alla markfarkoster, ledningsapplikationer och sjöfarkoster med dieselmotor använda Fischer-Tropsch-diesel. Låginblandad RME kan övervägas och finns idag på marknaden. För internationella insatser med markfarkoster och ledningsapplikationer kan syntetisk flygfotogen 'S-8' med smörjande additiv användas. För ottomotorer är låginblandning av etanol lämpligt. För flygfarkoster som idag använder flygfotogen Jet A-1 eller NATO F 34 bedöms endast inblandning av syntetisk flygfotogen, 'S-8', som en framkomlig väg. FM-studien går bland annat in på utländska försvarmakters användning och utveckling av förnybara drivmedel samt framtidens teknik såsom hybrider och bränsleceller specifikt vad det gäller militära markfordon.

Litteraturen på området är framför allt fokuserad på den civila transportsektorn, och följaktligen är de flesta bedömningar och projektioner för framtiden baserade på denna sektor. En orsak till detta är att transporterna är den största enskilda sektorn för slutlig energianvändning med en andel på 28 % av världens energianvändning (2006).⁸⁵ Inom transportsektorn är vägtransporterna klart dominerande och står för omkring 85 % av den slutliga energianvändningen i utvecklingsländerna.⁸⁶ Transportsektorn är nästan helt beroende av olja och stod år

⁸² FMV rapport 2006-10-10 51837/2006

⁸³ FMV Rapport 2007-02-05 24740:3195/2007

⁸⁴ FMLOG (2007)

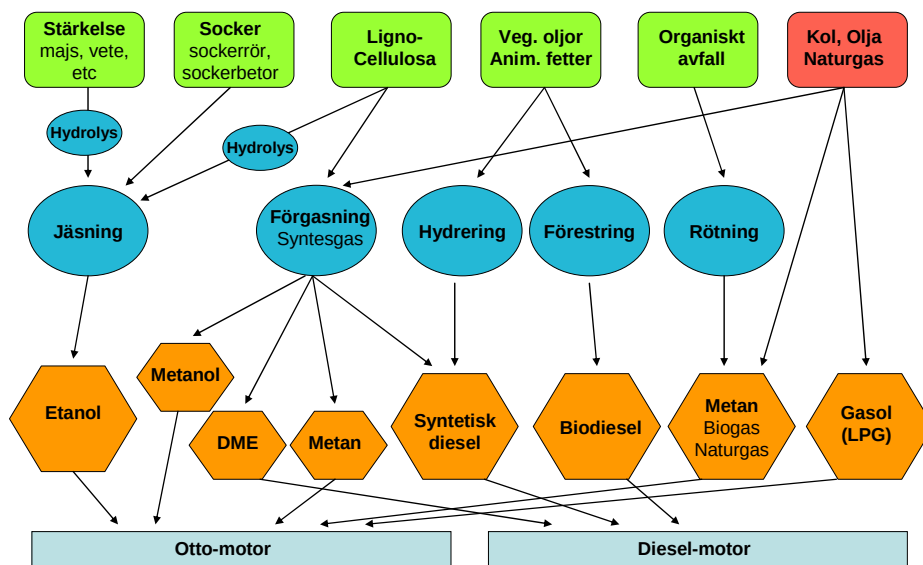
⁸⁵ IEA WEO (2008)

⁸⁶ IEA WEO (2007)

2006 även för den största slutförbrukningen av olja med en andel på 61 % av världens oljekonsumtion.

6.1 Alternativa drivmedel

Alternativa drivmedel kan definieras som alla drivmedel som kan ersätta konventionell diesel och bensin. Dessa kan antingen vara biodrivmedel, d.v.s. drivmedel framställda ur biomassa, eller vara drivmedel som har sitt ursprung i fossila råvaror, till exempel naturgas eller syntetisk diesel framställd av kol eller naturgas. I figuren nedan ges en översikt för konventionell motorteknologi:



Historiskt sett har alternativa drivmedel varit ett medel för att minska utsläpp av luftföroreningar medan framtagandet av bibränslen mer har varit en jordbrukspolitisk fråga. Idag är däremot de starkaste drivkrafterna för utvecklingen av alternativa drivmedel klimatförändring och energisäkerhet. Användningen av alternativa drivmedel är ett sätt att minska beroendet av importerad energi och påverka drivmedelsmarknaden och således energiförsörjningen på längre sikt och användningen av biodrivmedel i synnerhet är ett sätt att reducera utsläppen av växthusgaser.

På flera håll i världen är intresset för bibränslen inom transportsektorn för närvarande stort, men trots det så var enligt IEA:s World Energy Outlook (2006) andelen av bibränslen inom transportsektorn endast 1 % på världsbasis. Etanol står idag för ungefär 85 % av världsproduktionen av biodrivmedel och biodiesel

för 15 %. Europa är den enda regionen där biodiesel dominerar över etanol. Omkring 8 % av alla biodrivmedel produceras i USA och Brasilien. Förbrukningen av biodrivmedel i Europa var år 2006 mindre än 2 % av bränslen för vägtransport. I Sverige uppgick år 2007 biodrivmedelsanvändningen till ca 4 % av vägtrafikens totala användning (2,4 % av etanol, 1,3 % av RME och 0,3 % av biogas).⁸⁷

EU-kommissionen har en uttalad strategi för biodrivmedel, vilket bl.a. innebär att mål har satts upp för introduktion av biodrivmedel inom EU.⁸⁸ Målet om 2 procents andel biodrivmedel i slutet av 2005 har uppnåtts i Sverige men inte inom EU som helhet.⁸⁹ Användningen av biodrivmedel inom EU var 2,6 % år 2007⁹⁰ och det fastställda målet i EU:s biobränsledirektiv är att 5,75 % av drivmedlen för transportändamål ska vara förnybara vid utgången av år 2010. Nya förslag finns på ett lägsta mål på 10 % biodrivmedel inom transportsektorn år 2020. EU har också satt ett preliminärt mål på 20 % alternativa bränslen inom transportsektorn år 2020. En vision för år 2030 är att biodrivmedel ska ha ersatt 25 % av konventionella drivmedel inom vägtransportsektorn.⁹¹

6.1.1 Biodrivmedel generellt

Biodrivmedel är ett samlingsnamn på ett antal produkter med olika ursprung och olika slutegenskaper. Biodrivmedel kan oftast användas både i ren form och som inblandning i konventionella drivmedel, vilket oftast är den mest kostnadseffektiva lösningen. Biobränslen indelas vanligen i två huvudkategorier; dels traditionella klassiska biodrivmedel eller första generationens biodrivmedel, dels andra generationens avancerade biodrivmedel. Terminologin är dock inte helt etablerad och dessutom finns det exempel på drivmedel som inte helt uppenbart går att placera in i det ena eller det andra facket.

I en rapport av Nylund et al. (2008) anges följande exempel på första och andra generationens biodrivmedel där även nästa generation fossila syntetiska drivmedel tagits med:

⁸⁷ SPI Oljeåret 2007 (2007)

⁸⁸ COM (2006d)

⁸⁹ COM (2005)

⁹⁰ Biofuels barometer (2008)

⁹¹ BIOFRAC (2006)

Traditionella biodrivmedel	Nästa generation biodrivmedel och syntetiska drivmedel
Etanol från sockerhaltiga grödor.	Etanol från cellulosaråvara, biometanol, högre alkoholer såsom biobutanol.
Biodiesel genom omförestning av oljor eller fetter.	Etrar såsom ETBE, bio-MTBE. Syntetisk biodiesel såsom BTL diesel.
Biogas.	Hydrerade oljor och fetter. GTL från naturgas och CTL från kol. Syntetisk naturgas (biogas). Bio-DME. Biovätgas.

Idag är bara traditionella biodrivmedel kommersialiserade såsom biodiesel, etanol från spannmål och biogas. Kritik har framförts mot första generationens biodrivmedel, främst biodiesel och etanol, då de i vissa fall har problem ur hållbarhetssynpunkt. I många fall kräver traditionella biodrivmedel högkvalitativ jordbruksmark plus konstgödning och bekämpningsmedel. Odlingen konkurrerar med matproduktion och i tropiska länder kan biodrivmedel vara ett hot mot regnskogar. Dessutom är inte alltid utsläppen av växthusgaser i ett livscykelperspektiv fördelaktiga då dessa varierar markant beroende på till exempel typ av råvara, växtförhållanden, teknik för bränsleframställning och användning av biprodukter. Den potentiella produktionsvolymen av traditionell etanol och biodiesel är också begränsad. Det ligger därför idag stort fokus inom forskning och utveckling på den andra generationens biodrivmedel, d.v.s. bränslen producerade med nya processer till stor utsträckning baserade på grödor med högt innehåll av lignocellulosa (vedartat material) som kan odlas i sämre jord och utan kemikalier. Det som särskiljer den andra generationens biodrivmedel från den första är framför allt ett betydande högre energiutbyte per enhet processad biomassa samt att det finns möjlighet att använda fler typer av grödor (både från skog och jordbruk). Här talar man främst om bränslen som är tillverkade antingen genom jäsning av den sönderfördelade cellulosan (lignoetanol), eller via så kallad termisk förgasning, d.v.s. omvandling av biomassa till syntesgas som i nästa steg omvandlas till flytande bränslen i den så kallade BTL-tekniken (biomass to liquids).

Generellt sett bör avancerade biodrivmedel uppfylla åtminstone dessa kriterier med fokus på hållbarhet:

- o Råvaruproduktionen ska inte konkurrera med matproduktion.
- o Råvaruproduktionen ska inte skada miljön.
- o Råvaruproduktion och bränsleproduktion ska vara effektiv med avseende på utsläpp av växthusgaser.
- o Åtminstone likvärdiga slutanvändningsegenskaper jämfört med traditionella mineraloljebaserade drivmedel.

Generellt sett är biodrivmedel med högt energiinnehåll eftersträvarsvärda och det finns givetvis stora fördelar om biodrivmedel dessutom är kompatibla med existerande bränsleinfrastruktur och med existerande fordon.

Det är givetvis svårt att säga exakt när den andra generationens drivmedel kommer att börja fasas in och det beror naturligtvis mycket på de insatser som görs inom FoU vad det gäller de nya produktionsteknikerna. EU-kommissionen gör följande uppställning över centrala teknikalternativ för låga koldioxidutsläpp i framtiden i den strategiska EU-planen för energiteknik.⁹²

Teknik	
Omedelbar / Kort sikt	Mindre och mer bränslesnåla motorer Avancerade högeffektiva förbränningsmotorer Förbättrade hybridprodukter designade för bensin, diesel, biodiesel Biodiesel och bioetanol Samtidig bearbetning av biomassa med fossila bränslen Syntetiska bränslen framställda ur gas/kol genom Fischer Tropsch-processen Biodrivmedel baserat på lignocellulosa Elfordon med avancerad lagringskapacitet Vätgasdrivna bränsleceller
Längre sikt	Lufttransport väte-/gasturbiner

⁹² COM (2006c)

När det gäller tidsperspektivet är det rimligt att anta att med längre sikt avses mer än 25 år. Det som ligger närmast i tiden är alltså satsningar på fordonseffektivitet och avancerad motorteknik, sedan på alternativa bränslen som biodiesel, bioetanol och FT-diesel, i ett längre perspektiv bränslen från cellulosa samt i det allra längsta perspektivet elfordon och vätgasdrivna bränsleceller.

Trots vissa osäkerheter kring den första generationens biodrivmedel så görs det idag stora produktionssatsningar, inte minst i USA på etanolutvinning främst med majs som råvara. I runda tal kan det röra sig om satsningar på omkring 50 miljarder svenska kronor bara i majsetanol.⁹³ Traditionella biodrivmedel har en lång historia och kommersiell produktion är i gång, medan till exempel hydrerade vegetabiliska oljor har kommersialiserats och cellulosasetanol och BTL-tekniken är på det förkommersiella stadiet. Det är därför mest troligt att traditionella biodrivmedel kommer att ha betydelse i framtiden, även efter introduktion av andra generationens drivmedel.

6.1.2 Alkohol och etrar

Både metanol och etanol kan användas till drivmedel antingen som låginblandning i bensin eller i ren form i modifierade motorer. Båda dessa alkoholer karaktäriseras av höga oktantal och lämpar sig därför till ottomotorer. Alkoholer kan dock även användas i dieselmotorer om antingen motorn eller bränslet modifieras. Metanol var det primära alternativet under 1970- och 80-talet i samband med oljekrisen då energisäkerhet stod i fokus. Under 1990-talet ändrades fokus mot klimatfrågan och bioetanol tog en ledande position. Metanol och etanol kan också omvandlas till etrar (t.ex. MTBE och ETBE) som kan användas som tillsats i bensin. Även mer komplexa alkoholer som butanol kan vara av intresse som drivmedel.

På världsbasis är bioetanol det vanligaste biobränslet. Etanol produceras kommersiellt från socker och stärkelse i jordbruksprodukter såsom sockerrör (Brasilien) och majs (USA), vete, sockerbetor, restprodukter från sockertillverkning och sockerdurra. Den dominerande teknologin för att konvertera socker (hexoser) till etanol är fermentering, vilket är en etablerad biokemisk teknologi. Sockret kan fås direkt från sockerrör och sockerbetor eller genom hydrolys av stärkelseinnehållande grödor som majs och vete. Därefter tillsätts jäst som omvandlar sockret i biomassan till etanol som slutligen destilleras och torkas.

Etanol kan även tillverkas från cellulosahaltiga grödor såsom restprodukter från jordbruket och sockerodlingar, energigrödor eller ren skogsråvara. Detta bränsle

⁹³ Melander & Holmgren (2007)

bedöms av många bli nästa stora biodrivmedel, genom att ligga närmast i utsikter för industriell, storskalig produktion. Cellulosaprodukter har ekonomiska fördelar jämfört med grödor som vete, majs och liknande, speciellt om man kan använda restprodukter. Dessutom är användningen av lignocellulosa mer attraktivt med tanke på energibalans och utsläpp av växthusgaser.

Lignocellulosisk biomassa består av tre komponenter, cellulosa, hemicellulosa, som båda kan konverteras till socker, och en icke-fermenterbar fraktion som kallas lignin. Den senare kan användas för att producera el och värme i form av pellets. Fastän nedbrytningen av materialet till fermenterbart socker är mer komplicerad, så är fermenteringen, destilleringen och torkningen nästan identiska jämfört med bioetanol från jordbruksgrödor.

Ytterligare tekniker för att producera etanol från trämaterial är förgasning av biomassa följt av fermentering till etanol genom användande av anaeroba bakterier som omvandlar kolmonoxid, koldioxid och väte till etanol och vatten. Denna process är på laboriestediet. En annan process under utveckling framför allt i USA är förgasning av biomassa kombinerat med katalytiska processer för att producera etanol.

Metanol kan, liksom Fischer-Tropsch-bränslen, framställas via förgasning av organiskt material till syntesgas (från naturgas, kol, eller biomassa) som med hjälp av katalysatorteknik kan omvandlas till metanol och vatten. Idag produceras metanol framför allt från naturgas, men med biomassa som råvara är metanol ett biodrivmedel. Syntes av metanol sker företrädesvis i vätskefas vilket resulterar i ett högre metanolutbyte. Produktionen av metanol kräver en något annorlunda H_2/CO -kvot i syntesgasen jämfört med FT-syntes. Metanol är tekniskt sett mer krävande som bränsle än etanol; det är giftigare, mer korrosivt, har lägre vattentolerans och har sämre löslighet i bensen. Användningen av metanol som drivmedel är idag begränsad.

Omvandling av alkoholer till etrar såsom MTBE (av metanol) och ETBE (av etanol) kan ske genom reaktion av alkoholer med lätta olefiner, vilka är oönskade komponenter i bensen. Ur ett slutanvändningsperspektiv har etrar bättre egenskaper jämfört med alkoholer. Dock har etrar högre vattenlöslighet än vad bensen har, speciellt MTBE. Läckande lagringstankar och annat bränslespill kan leda till problem med förorening av MTBE i grundvatten. I USA har detta lett till ett förbud mot användning av MTBE som bensintillsats.

Några sammanfattande egenskaper för alkoholer och etrar som bränsle:⁹⁴

Etanol, metanol

- o Flytande bränslen (underlättar distribution, tankning och lagring av bränsle).
- o Höga oktantal möjliggör blandning med bensin och användning i otto-motorer. Även rena alkoholer kan användas i modifierade motorer (FFV-fordon, Flexible Fueled Vehicles).
- o Tändegenskaper hos alkoholer är inte lämpliga för dieselmotorer, men de kan användas om antingen motor eller bränsle modifieras.
- o Problem med fassetparation vid inblandning.
- o Flera bränsleegenskaper orsakar problem vid slutanvändning (låg energiinnehåll, högt ångbildningsvärme, lågt ångtryck).
- o Metanol brinner med en osynlig låga, etanol med en något synbar låga.

Andra alkoholbaserade alternativ

- o Omvandling av alkoholer till etrar (t.ex. MTBE, ETBE) förbättrar slutegenskaperna hos alkoholer.
- o Tyngre alkoholer, t.ex. butanol, har bättre slutegenskaper än etanol eller metanol vid inblandning i bensin.

Produktionen av etanoldrivmedel i världen ökar stadigt för närvarande.⁹⁵ USA och Brasilien är i dagsläget de största producenterna och råvarorna är i huvudsak majs (USA) och sockerrör (Brasilien). Länder som planerar eller just har påbörjat etanolproduktion för drivmedel är Thailand, Kina och Indien.

Den största delen drivmedelsetanol används till låginblandning i bensin avsett för ottomotorer. I USA satsas stort på majsetanol som främst blandas in i bensin. Majsetanolen svarade 2005 för 2,8 volymprocent av den totala bensinförsäljningen i USA. I Europa används inte etanol som drivmedel i lika stor utsträckning som biodiesel. Tyskland, Frankrike och Sverige är de största etanolkonsumenterna i Europa och Frankrike, Tyskland och Spanien är de största etanolproducenterna.⁹⁶ Endast vissa länder i Europa, t.ex. Sverige, blandar in 5 % etanol i 95-oktanig bensin, säljer E85 till FFV-bilar samt använder ren etanol till

⁹⁴ Nylund et al. (2008)

⁹⁵ IFP (2007)

⁹⁶ Biofuels barometer (2008)

bussar. I övriga Europa omvandlas etanol i huvudsak till ETBE, som används som tillsatskomponent i bensin. Ledande tillverkare av ETBE är Frankrike och Spanien. Japan använder också etanol främst i form av ETBE inblandat bensin. Japan har som mål att ersätta cirka 20 % av bensinkonsumtionen med bensin som innehåller 7 % ETBE.⁹⁷

Stora insatser görs när det gäller utvecklingen av processer för cellulosätanol. För etanolproduktion av cellulosa kan varierande råvaror med god tillgång användas som dessutom inte konkurrerar med livsmedelsproduktion. Men processtekniken behöver fortfarande vidareutvecklas när det gäller omvandlingen av lignocellulosa till socker och omvandlingen av pentoser till etanol.⁹⁸ Sverige ligger här långt framme i utvecklingen och har genomfört omfattande etanolprogram med fokus på ny, kostnadseffektiv produktionsteknik som bygger på hydrolys av flis och jäsning av fria sockerarter, både hexoser och pentoser. Processkoncept som bygger på enzymatisk sönderdelning och svagsyrahydrolys studeras. Arbetet innefattar studier på både laboratorie- och pilotskala.

Flera pilotanläggningar/demonstrationsanläggningar för cellulosätanol är i drift i bland annat Kanada (Iogen, SunOpta), USA (Verenium, NREL / ABRD och Abengoa), Sverige (SEKAB E-Technology), Danmark (Elsam), Spanien (Abengoa, vete-halm), Kina (CRAC) och Brasilien (Dedini, bagass). Tekniken bedöms ligga nära kommersialisering.

Ett annat utvecklingsområde är forskning kring tyngre alkoholer. Under 2006 gick BP och DuPont samman för att utveckla, tillverka och marknadsföra andra generationens biodrivmedel för bensinmotorer. De meddelade att den första produkten kommer att vara biobutanol. Befintlig etanolproduktion kan ställas om till produktion av biobutanol. En mängd olika råvaror kan användas såsom sockerrör, sockerbetor, majs, vete, kassava och sorghum (en typ av gräs med högt sockerinnehåll). I framtiden kan råvaror baserade på lignocellulosa användas. Biobutanol har många fördelar jämfört med etanol: t.ex. lågt ångtryck, bättre energiinnehåll samt att biobutanol kan distribueras i befintlig infrastruktur. Enligt DuPont och BP skulle upp till 30 % biobutanol kunna blandas in i bensin i framtiden. BP har avslutat ett testprogram med inblandning av 16 % högoktanig butanol med goda resultat, även laboratorieförsök och fordonstester av högre butanolinblandning ser lovande ut.

Ett annan alkoholinnehållande drivmedel är Agrodiesel 15 som utvecklats av Lantmännen Agrofuel AB. Agrodiesel 15 är ett dieselblandbränsle med 15 % biokomponenter och 85 % diesel miljöklass 1. 5 % av biokomponenterna utgörs

⁹⁷ Nylund et al. (2008)

⁹⁸ IEA Energy Technology Essentials (2007a)

av RME (rapsmetylester) och resterande tio procent utgörs av högre bioalkoholer som producerats av vete eller annan biomassa. Bränslet är jämförbart med diesel miljöklass 1 när det gäller körbarhet och emissioner. Biokomponenterna i Agrodiesel 15 kommer från rapsolja, socker, stärkelse och cellulosabaserad biomassa. Agrodiesel 15 började säljas på västkusten i juni 2007, men produktionskapaciteten är inledningsvis begränsad och bränslet kommer i första hand erbjudas ett antal större kunder, däribland kollektivtrafikbolag.⁹⁹

6.1.3 Biodiesel - Syntetisk diesel

De alternativa drivmedel som mest liknar konventionell diesel är följande:

- o Vegetabiliska oljor (omodifierade).
- o Estrar av vegetabiliska oljor, traditionell biodiesel (vanligen metylestrar, FAME).
- o Biodiesel genom hydrering av vegetabiliska oljor och fetter.
- o Syntetisk diesel genom GTL (Gas-To-Liquids), CTL (Coal-To-Liquids) eller BTL (Biomass-To-Liquids).

Biodiesel – FAME

Omodifierade vegetabiliska oljor är inte lämpade för högvarviga dieselmotorer i bilar och tyngre fordon även om det finns några tekniker som möjliggör användning i speciella applikationer. Omförestning till fettsyrametylestrar (FAME) ger ett bränsle med bättre egenskaper som ofta, både i ren form och vid inblandning i vanlig diesel, går under beteckningen biodiesel. Även fettsyrametylestrar (FAEE) kan användas som biodiesel, men metylestrar dominerar stort.

FAME framställs genom en omförestningsprocess där glyceroldelen i vegetabiliska oljor byts ut mot metanol under inverkan av en katalysator. Glycerol bildas som en biprodukt som kan användas till exempel inom medicin- eller kosmetikaindustrin. Framställning av FAME är en idag kommersiell och beprövad bränsleteknologi. Olika råvaror kan användas såsom palmolja, olja från sojaböner, rapsolja, animaliska fetter som talg och avfall som använd frityrolja. Av dessa är rapsolja, palmolja och olja från sojaböner de klart dominerande råvarorna för FAME-produktion. Från rapsolja fås till exempel produkten rapsoljemetylester (RME). Produktionstekniken för framställning av FAME är relativt enkel och förhållandevis billig, vilket innebär att produktion även kan ske lokalt och i mindre skala. Exempel finns på småskalig produktion i containerstorlek.

⁹⁹ Lantmännen Energi (2008)

Bränsleegenskaperna för FAME såsom densitet och cetantal (d.v.s. mått på tändvillighet) passar dieselmotorer.

Enligt gällande lagstiftning inom Europa är inblandningen av FAME i vanlig diesel begränsad till 5 %. Vid inblandning av högre koncentrationer måste bränslets innehåll av FAME deklarerars. Bil- och motortillverkare har påpekat en rad problem vid användning av FAME, speciellt vid högre koncentrationer, t.ex. lagringsinstabilitet, dåliga köldegenskaper och insprutningsproblem. Trots detta har många individuella motortillverkare godkänt användningen av FAME-inblandning eller ren FAME i deras motorer, speciellt i motorer som inte är avsedda att användas på väg såsom arbetsmaskiner.

Sammanfattande egenskaper för FAME som bränsle:¹⁰⁰

- o Kan användas rena eller som inblandning i diesel.
- o Cetantalet är acceptabelt. Lågt svavelinnehåll och inga aromater. Lubriciteten är utmärkt.
- o Orenheter kan leda till avlagringar i motorn och i utrustning för avgasefterbehandling. Kan lösa upp orenheter i distributionssystemet och i tanken. Vissa material- liksom stabilitetsproblem.
- o Energiinnehållet är något lägre än för diesel – lägre volumetrisk bränsleförbrukning, men kompenseras av högre densitet.
- o Snävt destillationsintervall och hög kokpunkt vilket leder till utspädning av motorolja och svårigheter med kallstart. Naturliga kallstartsegenskaper är dåliga, men additiv kan hjälpa.
- o Biologiskt nedbrytbara – läckor till mark eller vatten är mindre skadliga än för diesel.

Större biodieselfabriker finns i Österrike, Italien, Frankrike, Tyskland, Sverige och Tjeckoslovakien. Tyskland är den största producenten. Europa är ledande i tillverkning av biodiesel med god marginal före USA som är i en uppstartsfas, men nu ökar användningen även i USA. Stora investeringar i fabriker planeras ytterligare på flera håll i Europa.¹⁰¹ I Sverige och Europa produceras och används framför allt rapsoljemetylester (RME).

¹⁰⁰ Nylund et al. (2008)

¹⁰¹ Hansén & Pettersson (2008)

Biodiesel genom hydrering

En process som flera raffinaderier har visat stort intresse för är baserad på hydrering av triglycerider, t.ex. vegetabiliska oljor och animaliska fetter. Slutprodukten är ett rent alkanbaserat dieselbränsle. Processen använder samma råvaror som till konventionell biodiesel men slutprodukten påminner om och håller samma kvalitet som syntetisk diesel.

Neste Oil (Finland), ConocoPhillips (USA, Irland) och Petrobras (Brasilien) producerar för närvarande biodiesel genom hydrering kommersiellt med patent-skyddad teknik.

Neste Oil har utvecklat den så kallade NExBTL-processen, som är raffinaderi-baserad. Den första NExBTL-anläggningen med en kapacitet på 170000 ton/år startade produktionen i maj 2007 i Finland, och en andra anläggning med motsvarande kapacitet kommer att vara igång under 2009. Ett samarbete med det österrikiska oljebolaget OMV undertecknades i november 2007. Neste Oil har planerat att bygga NExBTL-fabriker med kapacitet på 800000 ton/år i både Singapore och Rotterdam. Singapore-anläggningen beräknas vara färdig i slutet av 2010 och Rotterdamanläggningen under 2011.

Petrobras har utvecklat den så kallade H-Bio biodiesel-processen, där blandningar av vegetabilisk olja och petroleumprodukter hydreras. Resultatet är en blandning av diesel och hydrerad vegetabilisk olja. Fem raffinaderier har redan anpassats för att använda den här processen och produktionen från de första testerna har sålts på den brasilianska marknaden.

Ytterligare ett antal projekt tillkännagavs under 2007 när det gäller hydrerade vegetabiliska oljor och fetter, bland annat i Portugal och Italien.

Syntetiska bränslen (GTL, CTL och BTL)

Produktion av syntetiska bränslen baseras främst på syntesgas, som är en blandning av gaserna kolmonoxid (CO) och vätegas (H₂), vilken genom olika processer förvätskas till flytande bränsle. Syntesgas kan bland annat produceras genom så kallad termisk förgasning av i princip alla material som innehåller kolväten såsom naturgas, kol, olja eller biomassa. Flera olika typer av syntetiska bränslen kan framställas från syntesgas. Fischer-Tropsch-processen är det mest kända förvätskningssteget och användes i stor skala i Tyskland under andra världskriget. FT-processen ger en blandning av kolväten som efter olika typer av upparbetning kan användas som diesel, bensin, eller jetbränsle. När FT-produkter används som bränsle kallas de ofta syntetisk diesel, syntetisk bensin, respektive syntetiskt jetbränsle. Syntesgas kan även via andra processer omvandlas till en

rad andra produkter som kan användas som drivmedel såsom dimetyleter (DME), metanol, andra alkoholer eller vätgas.

När det gäller egenskaper för slutanvändning så uppvisar syntetisk FT-diesel (och även diesel framställt genom hydrering av vegetabiliska oljor) överlägsen kvalitet jämfört med konventionell diesel och konventionell biodiesel. Oberoende av råvara så har dessa alkanbaserade dieselbränslen följande egenskaper:¹⁰²

- o Kan användas som de är eller som inblandning i diesel i befintliga dieselmotorer och med befintlig infrastruktur.
- o Svavelfritt, lågaromatiskt, inget syre.
- o Inga problem med materialkompatibilitet eller lagringshållbarhet.
- o Nästan luktfri, färglös vätska.
- o Jämfört med vanlig diesel mer biologiskt nedbrytbart, mindre giftigt.
- o Betydande minskningar av reglerade och oreglerade avgasutsläpp.
- o FT-tekniken gör det möjligt att skräddarsy bränslen för framtida avancerade förbränningssystem.

FT-bränslen kan framställas från olika råvaror. När FT-bränslen framställs från naturgas kallas produkten GTL (Gas-To-Liquids), från kol CTL (Coal-To-Liquids) och från biomassa BTL (Biomass-To-Liquids).

CTL och GTL är idag kommersialiserade tillverkningsprocesser men för närvarande är det bara en handfull företag som har kommersialiserat sin FT-teknologi. Det sydafrikanska företaget Sasol är idag troligen den största enskilda producenten av FT-bränslen.¹⁰³ I Sydafrika tillverkar Sasol syntetiska bränslen och kemikalier från både kol (CTL) och naturgas (GTL) och är även inblandade i GTL-anläggningar i Nigeria, Qatar, och USA. Shell driver en GTL-fabrik i Malaysia, och nya anläggningar är under uppförande i Mellanöstern, t.ex. i Qatar. Shell marknadsför GTL-diesel som en dieselkomponent i Thailand, Tyskland, Österrike, Italien, Nederländerna, Grekland och Schweiz. Idag tar de flesta oljebolag initiativ till att undersöka FT-teknik och att förbereda för en framtida produktion i första hand från naturgas. I Kina görs utan jämförelse de största satsningarna på att öka kapaciteten för inhemska bränslen från kol.

¹⁰² Nylund et al. (2008)

¹⁰³ Atrax Energi AB (2007)

Syntroleum är ett amerikanskt företag som i en demonstrationsanläggning producerar diesel och jetbränsle genom Fischer-Tropsch-processen med naturgas som råvara. Syntroleum arbetar för att kommersialisera sin licenserade CTL FT-teknologi i USA, Kina och Tyskland. Syntroleum har arbetat med det amerikanska flygvapnet för att utveckla ett syntetiskt jetbränsle. Omfattande tester har gjorts och i augusti 2007 blev det fullt godkänt att använda en blandning av FT-bränsle och JP-8 jetbränsle i amerikanska flygvapnets B-52H flygplan.¹⁰⁴

I Sverige finns det idag två företag, Ecopar AB och Framtidsbränslen, som säljer syntetisk diesel baserad på GTL-teknik, dock i förhållandevis små volymer.

Produktionskostnaderna för syntetisk FT-diesel är något högre än kostnaderna för t.ex. DME, men de totala kostnaderna kan vara lägre, eftersom inga förändringar i infrastrukturen krävs. GTL från naturgas blir alltmer konkurrenskraftigt med stigande råoljepriser. Ökade krav på bränslekvalitet kan också driva på utvecklingen mot syntetiska bränslen. Antalet ansökningar om CTL-projekt ökar snabbt i länder som USA, Australien och Kina (Sasol håller på att sälja sin CTL-teknik till Kina). Dock finns vissa begränsningar som kan bromsa utvecklingen, till exempel höga kapitalkostnader för fabriker samt frågor som rör miljö. CTL kommer att öka de sammantagna utsläppen av växthusgaser betydligt jämfört med oljebaserade drivmedel. Även om avskiljning och lagring av koldioxid (CCS) kan användas för rökgaser i anläggningen, så är drivmedlet fortfarande ett fossilt bränsle.

BTL-processen är ännu inte redo för en fullskalig introduktion på marknaden. Ytterligare forskning och utveckling krävs på detta område. Det är svårare att tillämpa förgasning och kondensering på biomassa än på kol eller naturgas. Upprening av syntesgas är ett av de områden där ytterligare utveckling behövs.

Långt fram i utvecklingen av BTL ligger företaget CHOREN som med stöd av Volkswagen, DaimlerChrysler och Shell 2008 byggde världens första kommersiella BTL-anläggning i Freiberg, Tyskland. Produktionen i pilotanläggningen (Beta) med en kapacitet på 18000 m³/år förväntas tas i drift under 2009. Storskalig produktion i en fullskalig anläggning (Sigma) i Schwedt, Tyskland, förväntas inledas under 2012 (med produktionen 250000 m³/år).¹⁰⁵ CHOREN har också skapat ett joint venture med ett av Kinas största oljebolag CNOOC i syfte att etablera sin CTL-förgasningsteknik i landet.¹⁰⁶

¹⁰⁴ Syntroleum Press Release (2007)

¹⁰⁵ CHOREN Press Release (2008)

¹⁰⁶ Melander & Holmgren, (2007)

I Sverige har CHRISGAS som koordineras av Växjö universitet utvecklat en pilotanläggning för förgasning av träråvara. Syftet är dock inte att producera drivmedel utan endast syntesgas för vidareförädling. Projektet ligger emellertid i malpåse i nuvarande form. Forskning och utveckling av BTL-processen bedrivs också bland annat i Umeå och Härnösand. Ett intressant projekt drivs av företaget Chemrec som är inriktat på förgasning av svartlut (mer om detta under rubriken DME).

Även finska företag är intresserade av att utveckla BTL-teknik. Neste Oil och massa- och pappersföretaget Stora Enso planerar att ha en demonstrationsanläggning vid Stora Ensos Varkaus Mill i drift under 2009. Fullskalig kommersiell produktion väntas omkring 2012-2014.¹⁰⁷ Det finländska skogsföretaget UPM och internationella teknologigruppen Andritz med dess närstående bolag Carbona har för avsikt att samarbeta för att utveckla teknik för förgasning av biomassa och syntesgasrening för BTL-produktion. I Danmark är forskning kring förgasning av biomassa i första hand knutet till Danmarks tekniska universitet.

Sammantaget bedöms bidraget från syntetiska bränslen vara tämligen begränsat år 2020. I det långa loppet talar dock mycket för att syntetiska bränslen som är kompatibla med befintliga fordon och befintlig infrastruktur kommer att vara ett av de dominerande alternativa bränslena på transportsidan.¹⁰⁸

I rapport publicerad under IEA:s program för avancerade motorbränslen behandlas syntetisk diesel och bensin framställd med Fischer-Tropsch-teknik.¹⁰⁹ Rapporten behandlar aktuell litteratur på området och innehåller bland annat även en så kallad SWOT-analys med syfte att identifiera styrkor, svagheter, möjligheter för FT-teknik och för distribution och användning av FT-bränslen. Nedan anges ett antal av de slutsatser som dras i den rapporten:

- o FT-bränslen producerade genom CTL, GTL, BTL-teknik kan bidra till att minska beroendet av råolja.
- o FT-diesel och FT-bensin kan användas i ren form i befintliga motorer, och de kan även blandas med konventionella fossila bränslen. Distributionen kan ske i befintliga system för konventionella drivmedel.
- o FT-diesel och FT-bensin är attraktiva för användning i ren form samt för användning som blandningskomponenter i diesel och bensin av låg kvalitet, för att dessa bränslen ska klara de allt hårdare utsläppskraven.

¹⁰⁷ Neste Oil (2007)

¹⁰⁸ Nylund et al. (2008)

¹⁰⁹ Atrax Energi AB (2007)

- Produktion och användning av CTL-bränslen släpper ut mer än dubbelt så mycket växthusgaser som traditionella bränslen. Produktion och användning av GTL-bränslen har potential att släppa ut samma eller något mindre mängd växthusgaser jämfört med vanlig diesel. Produktion och användning av BTL minskar utsläppen av växthusgaser med 60-90 % jämfört med fossil diesel och bensin.
- Tekniken för förgasning av biomassa är ännu inte redo för en fullskalig introduktion på marknaden. Ytterligare forskning och utveckling krävs på detta område.
- FT-processen är fortfarande en relativt dyr teknik som kräver stora fabriker och ytterligare utveckling för att vara ekonomiskt lönsam. Möjligheterna att göra FT-diesel och/eller FT-bensin från avlägset belägna naturgastillgångar och/eller naturgastillgångar av låg kvalitet är i dag mindre kapitalintensiva än andra produktionsmetoder. Eftersom en stor del av de kända gasreserverna är avlägset belägna kan detta vara ett attraktivt alternativ.
- Enligt uppgifter från Sasol är det möjligt att producera FT-bränslen med kol som råvara till ett konkurrenskraftigt marknadspris så snart oljepriset är högre än 30 till 40 amerikanska dollar per fat.
- Det är inte troligt att produktionspriset på biomassabaserade FT-bränslen kommer att bli konkurrenskraftigt gentemot FT-bränslen producerade från kol eller naturgas, om det inte kommer att införas någon form av global reglering för utsläppen av fossil koldioxid.
- Användningen av biomassa som råvara för produktion av FT-bränslen kommer sannolikt att öka konkurrensen om biomassa och även priset på biomassa, vilket kan minska konkurrenskraften för FT-bränslen jämfört med diesel och bensin.
- Produktionen och användningen av FT-bränslen minskar utsläppen av smog-inducerande ämnen med ca 90 % och minskar utsläpp som påverkar försurning och övergödning med cirka 5-40 %.
- Användning av Fischer-Tropsch-bränslen minskar jämfört med vanlig diesel utsläppen av en mängd luftföroreningar: HC, CO, NO_x, partiklar, SOF, VOF och PAH.
- FT-bränslen gör det möjligt att använda effektivare utrustning för avgas-efterbehandling som ytterligare bidrar till att minska utsläppen av luftföroreningar.

- o FT-diesel har bra kallstartsegenskaper och tester visar att utsläppsminskningarna är större vid kallstart än vid varmstart.
- o Storskalig biomassabaserad FT-produktion kommer att ha en stor inverkan på transport- och logistiksystem för råvaror och många hinder måste beaktas. Det kommer inte bara att vara investeringskostnader för fabriker utan också för infrastrukturen kring anläggningarna och en stor mängd tung trafik kommer att genereras. Att ersätta 15 % av EU 15-ländernas bränsleförbrukning inom transportsektorn skulle till exempel kräva en yta på 310 000 km² odlad med Salix. Detta motsvarar ett område av Polens storlek. Det skulle dessutom kräva 122 FT-anläggningar på vardera 1,6 GW.

6.1.4 Naturgas, Biogas, LPG, DME

Naturgas, biogas, motorgas (LPG/gasol) och dimetyleter (DME) är alla gasformiga drivmedel med den gemensamma nämnaren att de kräver annan infrastruktur för distribution och tankning än den befintliga för flytande drivmedel. Gasformiga drivmedel ger inte samma flexibilitet som vätskeformiga drivmedel. De flesta motorer som använder gasdrift är antingen dedikerade motorer optimerade för ett specifikt bränsle eller 'bi-fuel'-motorer som går att köra på antingen bensin eller gas. För gasfordon krävs generellt större och tyngre bränsletankar jämfört med fordon drivna med konventionella flytande drivmedel för att nå motsvarande räckvidd.

Naturgas och biogas

Naturgas består vanligen till mer än 80 % av metan (CH₄), en del andra kolväten (huvudsakligen etan och propan) och föroreningar såsom kvävgas, helium, koldioxid och vattenånga. Naturgas utvinns huvudsakligen från gas- och oljefyndigheter. I mycket mindre omfattning produceras naturgas på andra sätt, till exempel genom omvandling av bensinkolväten eller från kol. Naturgas behöver inte gå igenom någon kemisk upparbetning utan kräver endast torkning och rening.

I Sverige är naturgasens andel bara blygsamma 2 % av energianvändningen. Det mesta används av industrin och för att värma upp bostäder och producera el. En liten del av gasen används också som bränsle i fordon. Sveriges naturgasnät sträcker sig från västra Skåne upp till Göteborg. En omfattande utbyggnad av stamnätet är planerad till Mellansverige. Ett argument för en utbyggnad är att naturgasnäten då även kan komma att användas för att distribuera vätgas i framtiden.

Biogas kan användas på samma sätt som naturgas – avseende slutanvändning är renad biogas ekvivalent med högkvalitativ naturgas. Biogas är en förnyelsebar energikälla som precis som naturgasen i huvudsak består av metan. Biogas uppkommer när organiskt material bryts ned i syrefri miljö och produceras till exempel genom att deponerat hushållsavfall bryts ned av mikroorganismer eller genom rötning av slam i kommunala vattenreningsverk. Biogas uppstår också spontant i naturen. För att kunna användas i trycksatta system måste biogasen renas från koldioxid, vatten och korrosiva föroreningar. Den kan blandas med naturgas och utnyttjas i samma distributionssystem.

Naturgas/biogas har högt oktantal (120-130) vilket innebär att det lämpar sig bäst för ottomotorer. Det höga oktantalet medger hög kompression och därmed ökad verkningsgrad jämfört med motsvarande bensinmotor. Metan karaktäriseras av ren och sotfri förbränning. På grund av metans höga H/C-förhållande är de specifika utsläppen av koldioxid – uttryckt som g CO₂/MJ – omkring 25 % lägre än för bensin och diesel, men för biogas som är förnyelsebart blir reduktionen av koldioxid givetvis större. För fordonsdrift komprimeras så kallad fordonsgas (naturgas, biogas, eller kombinationer av de båda) vanligen till ca 200 bar (även kallad CNG, Compressed Natural Gas) innan den tankas i fordon speciellt anpassade för gasdrift. Nyproducerade personbilar för fordonsgas är av typen bi-fuel, det vill säga de kan köras på både fordonsgas och bensin, medan tyngre fordon som lastbilar och bussar enbart är anpassade för gas. I vissa fall för tunga fordon lagras naturgas vid låg temperatur (-162 °C), så kallad LNG, vilket möjliggör längre räckvidd.

Marknaden för fordonsgas i Sverige är förhållandevis liten, men expanderar starkt och även inblandningen av biogas ökar. Idag finns det i Sverige 90 mackar som försörjer 15 500 fordon, och ytterligare 28 tankställen som förser tunga fordon med fordonsgas.¹¹⁰ Antalet naturgasfordon i världen ökar snabbt och låg 2007 strax under 7 miljoner.¹¹¹ Största marknaderna är Argentina, Pakistan, Brasilien och Iran. I Europa är antalet omkring 800 000 – framför allt i Italien och i Tyskland. Globalt sett har de flesta CNG-fordon bensinmotorer konverterade till gasdrift. Tillverkare av tyngre fordon har generellt sett större intresse att investera i dieselteknik än i naturgasteknik, vilket är en orsak till att tunga CNG-fordon inte är lika utvecklade som lättare CNG-fordon.

Det förs ofta en 'hönan-och-ägget'-diskussion kring naturgasfordon. Utan en fungerande infrastruktur för tankning vill ingen köpa CNG-fordon. Å andra sidan finns det ingen anledning att skapa en infrastruktur om inga CNG-fordon finns

¹¹⁰ Svenska Gasföreningens hemsida www.gasforeningen.se

¹¹¹ IANGV (2007)

tillgängliga. Idag dominerar fossil naturgas när det gäller metandrivna fordon. Det är dock generellt sett mer ekonomiskt att använda biogas lokalt för produktion av el och värme än som drivmedel. Detta minskar kostnaderna för rening, distribution, komprimering, lagring och fordonsanpassning.

LPG

Gasol är ett svenskt namn på en gasblandning som till största delen består av kolvätena propan och butan. Internationellt används beteckningen LPG, Liquefied Petroleum Gas. Gasol utvinns ur naturgas- och oljefält och är alltså ett fossilt bränsle.

I Sverige används 80 % av den gasol som säljs inom industrin, till exempel för upphettning av stål och metaller för vidare bearbetning samt för papperstorkning. Endast omkring 4 % säljs som flaskgasol. Även globalt är den huvudsakliga gasolförbrukningen inom andra områden än för fordonsbruk, till exempel till matlagning och uppvärmning.

Gasol kan också användas för fordonsdrift och kallas då ofta motorgas. Då tankas gasolen i vätskeform, gasol övergår vid måttliga tryck (ca 2-20 bar) till vätskeform. I de flesta bilar som kan köras på gasol finns det även en tank för bensen. I Sverige är gasoldrivna fordon en marginell företeelse, det finns endast femton tankstationer för gasol och omkring 300 gasoldrivna fordon. I övriga Europa är gasol betydligt vanligare. I Polen finns det två miljoner fordon som går på gasol och i Italien en miljon.¹¹² Det totala antalet LPG-fordon i världen är omkring 10 miljoner. Korea, Japan, Polen, Turkiet och Australien står för över 50 % av användningen av LPG till fordonsdrift. En drivkraft för gasolfordon i många regioner är ekonomiska, literpriset kan i vissa regioner vara hälften så högt som literpriset för bensen och diesel. Precis som för CNG-fordon så är flesta LPG-fordon efterkonverteringar, även om det också finns dedikerade fordon för LPG på marknaden.

Precis som för naturgas/biogas så är LPG lämpad för användning i ottomotorer, karaktäriseras av högt oktantal (dock lägre än för naturgas/biogas) samt ren och sotfri förbränning. De specifika utsläppen av koldioxid – uttryckt som gCO₂/MJ – är omkring 10-20 % lägre än för bensen och diesel. Gasol används bland annat som drivmedel för truckar. De rena avgaserna gör att de gasoldrivna truckarna i många fall också kan köras inomhus. Det lägre lagringstrycket för LPG jämfört med CNG är bättre ur säkerhetssynpunkt. Å andra sidan är LPG till skillnad från naturgas tyngre än luft och kan därför anhopas vid ett läckage i lågt liggande

¹¹² Svenska Gasföreningens hemsida www.gasforeningen.se

utrymmen. En gastät motorgasinstallation och en bra luftventilation är därför viktigt vid användning av LPG inomhus.

DME

Dimetyleter (DME) är ett gasformigt bränsle som liksom syntetisk diesel kan tillverkas genom förgasning av fossila råvaror (exempelvis kol och naturgas) eller förgasning av olika typer av biomassa.

DME har högt cetantal (>55 jämfört med 40-53 för diesel) och lämpar sig väl för dieselmotorer, men motorn måste anpassas i form av förändringar av insprutningsutrustningen och ett speciellt tanksystem. DME anses kunna produceras med lägre energiåtgång och lägre utsläpp av växthusgaser än andra GTL- eller BTL drivmedel.¹¹³ DME påminner ur lagringssynpunkt om gasol (LPG) och övergår till en vätska under moderata tryck. Den behöver därför inte lagras under högt tryck till skillnad från biogas/naturgas. Energiinnehållet i flytande DME är ungefär hälften av energiinnehållet i diesel, vilket innebär att större tankvolym krävs för bibehållen räckvidd. Varken bränslet DME eller fordon som kan drivas med DME finns i dagsläget för kommersiell drift. Endast prototypfordon har producerats än så länge, även om till exempel Volvo har DME som ett av huvudspåren när det gäller framtidens drivmedel för tunga fordon.

DME har sannolikt bättre emissionsegenskaper än alla andra alternativa drivmedel för dieselmotorer. Sotbildningen upphör praktiskt taget med DME, vilket antagligen beror på DME:s avsaknad av kol-kol- bindningar, och innebär att det inte behövs partikelfilter för att klara kommande utsläppskrav. NOX-emissionerna minskar också avsevärt jämfört med diesel.¹¹⁴ Utsläppen av CO och eventuellt också av HC ökar med DME men detta kan lätt regleras med en oxiderande katalysator. DME är ett komplext drivmedel utifrån motordesignsynpunkt på grund av låg viskositet, låg lubricitet och att det är väldigt lättflyktigt.

Företag som har varit involverade i utveckling av DME-motorer eller utrustning till DME-motorer är bland annat AVL (Österrike), Volvo, Nissan Diesel, Denso, TNO (Holland).

Ett produktionssätt för DME som anses speciellt attraktivt är förgasning av svartlut, som är en restprodukt vid pappersmassatillverkning. Inom detta område verkar det svenska företaget Chemrec. Chemrec har idag demonstration i Piteå vid Smurfit kappas bruk. 2008 tillkännagavs uppstarten av det europeiska projektet BioDME som är ett konsortium mellan sju internationella parter.

¹¹³ EUCAR, CONCAWE och JRC (2007)

¹¹⁴ Ahlvik & Brandberg (2001)

Projektet innebär att Chemrec kommer att bygga och driva en anläggning där DME produceras av svartlut. Inom ett och ett halvt år beräknas Chemrec dagligen leverera 4-5 ton DME. Volvo beräknas då ha de första av fjorton DME-drivna lastbilar klara och Preem ska ha byggt fyra tankstationer.¹¹⁵ 2008 publicerades en rapport inom RENEW-projektet¹¹⁶ – som är en europeisk samverkan mellan ett flertal aktörer – där en teknisk, ekonomisk och miljömässig bedömning görs av olika BTL-produktionsvägar. Chemrecs process för förgasning av svartlut och produktion av dimetyleter (DME) hade den högsta verkningsgraden, den lägsta produktionskostnaden och den största minskningen av utsläpp av växthusgaser.

6.1.5 Vätgas

Vätgas parallellt med el betraktas av många bedömare som framtidens främsta energibärare. Avgasutsläpp på nollnivå skulle kunna åstadkommas med vätgasdrivna bränslecellsfordon eftersom de i princip endast släpper ut vatten. Om vätgas dessutom produceras av förnyelsebara råvaror möjliggör det även väldigt låga utsläpp av växthusgaser.

Vätgas kan produceras av en mängd olika råvaror och genom en rad olika metoder. Idag tillverkas vätgas huvudsakligen från fossila råvaror utan någon form av CCS, 48 % från naturgas, 30 % från olja, 18 % från kol och resten genom elektrolys. I termiska processer såsom ångreforming av lätta kolväten, partiell oxidation av tyngre kolväten, förgasning av kol eller biomassa och krackning av naturgas används värme för att konvertera råmaterialet till vätgas och koldioxid. Ångreforming svarar idag för den övervägande delen av världens vätgasproduktion. Andra metoder är elektrolys av vatten samt olika biologiska och fotobiologiska processer som fortfarande är på försöksstadiet.

Framställning av vätgas är fortfarande förhållandevis dyrt och problem kring transport och lagring återstår att lösa. Förbättringar av energidensiteten i lagringssystemen, reduktion av kostnader och ökad kompatibilitet med tillgängliga system krävs innan vätgasanvändning kan komma till stånd.

Fysisk lagring av vätgas kan ske i olika former:

- o I gasform: vätgas under tryck i specialkonstruerade behållare vid 350-700 bar.
- o I vätskeform: vätgas nerkyld till -253°C.

¹¹⁵ Chemrec pressmeddelande (2008)

¹¹⁶ RENEW (2008)

- o Kemiskt lagrad i metallhydrider eller andra fasta material som kol.

De båda första lagringsmetoderna är idag kommersiellt tillgängliga, men är energikrävande och dyra. Kemisk lagring i fast form är fortfarande på forsknings- och utvecklingsstadiet. Låg vikt och liten storlek är viktiga delar vid mobil lagring, men inte lika viktigt vid stationär lagring (som vid påfyllningsstationer). En bränslecellbil måste lagra omkring 5 kg vätgas för att kunna matcha räckvidden för ett bensindrivet fordon. Trots att de olika lagringsmetoderna har vissa önskvärda egenskaper är det ännu ingen som för närvarande uppfyller alla effektivitets-, storleks-, vikt-, kostnads-, och säkerhetskrav. På fordonssidan kan vätgas användas som drivmedel antingen i förbränningsmotorer eller i bränsleceller (se avsnittet "Bränsleceller").

6.1.6 Avgasutsläpp från alternativa drivmedel

Alternativa drivmedels inverkan på de utsläpp som kommer ut från motorn är av stor vikt. I en ideal motorförbränningsprocess omvandlas kol, väte och eventuellt syre i bränslet fullständigt till koldioxid och vatten. Avvikelser från den ideala förbränningen samt föroreningar i bränslet leder till en rad skadliga biprodukter, som till exempel kolväten (HC), kolmonoxid (CO), kväveoxider (NO_x), partiklar och svaveldioxid (SO₂). Motoravgasutsläppen bör särskiljas från utsläpp av växthusgaser som koldioxid, vilket syftar på hur mycket fossilt kol som frigörs till atmosfären och därför främst bestäms av råvarans ursprung, hur drivmedlet har producerats samt fordonets bränsleförbrukning. Nedan följer en översikt över hur olika alternativa drivmedel inverkar på motoravgasutsläpp, enligt en omfattande litteraturgenomgång av Nylund et al.(2008):

Etanol

- o Minskning av CO, HC, partiklar, NO_x, 1,3-butadien och aromater jämfört med fossila drivmedel.
- o Ökade utsläpp av acetaldehyd jämfört med fossila drivmedel.
- o Ökning av utsläpp genom avdunstning (vid låginblandning i bensin).
- o Ökade utsläpp vid kallstart.

Traditionell biodiesel (FAME)

- o Minskning av partikelutsläpp.
- o Ökning av NO_x och aldehydutsläpp.

Syntetiska bränslen (GTL, CTL, BTL, hydrerade vegetabilisk oljor)

- o Betydande minskning av partiklar, NO_x och aldehyder, 1,3-butadien, bensen, partikel-associerad PAH och mutagenitet av motoravgaser.

Naturgas (biogas)

- o Extremt låga partikelutsläpp jämfört med dieseldrivna fordon, NO_x-utsläppen beror på motorteknik (mycket låga vid stökiometrisk förbränning).
- o De icke-reglerade utsläppen, till exempel formaldehyd och partikel-associerad PAH, är extremt låga (katalysator behövs för kontroll av formaldehyd).
- o Metans prestanda kan förbättras genom att blanda in väte.

DME

- o Ger mycket ren förbränning, men är ett tekniskt utmanande motorbränsle.

Vätgas

- o Vätgas möjliggör avgasutsläpp på nollnivå från bränslecellsfordon (avger bara vatten) och utsläpp som är nära noll från vätgasdrivna förbränningsmotorer.

6.1.7 Utsläpp av växthusgaser ur ett livscykelperspektiv

Vad det gäller utsläpp av växthusgaser så finns det många mycket omfattande livscykelanalyser och 'Well to wheel'-studier (WTW) för europeiska förhållanden och resultaten har fått stor spridning.¹¹⁷ En genomgång av olika WTW-studier görs i Nylund et al. (2008) med följande sammanfattande slutsatser:

CNG, LPG, biogas, DME, och hybrider

- o Höga kostnader för reduktion av växthusgaser för hybrider, CNG och LPG.
- o Låga kostnader för reduktion av växthusgaser för biogas från avfall.

¹¹⁷ Några rapporter inom detta område är till exempel EUCAR, CONCAWE and JRC (2007), Ahlvik & Brandberg (2001) och Blinge (2006).

- DME ger bra energi- och växthusgasbalans, men kräver modifierade fordon och modifierad infrastruktur.

Flytande bränslen

- Växthusgasbalansen för traditionella biobränslen beror på produktionsmetod, användning av biprodukter och utsläpp från jordbruket. Balansen för ETBE beror på etanolens ursprung.
- Etanol från cellulosa ger bra energi- och växthusgasbalans till rimligt låga kostnader.
- Utsläppen av växthusgaser för GTL-bränsle är högre än för diesel. Höga utsläpp av växthusgaser för CTL-bränsle om inte CCS-teknik tillämpas.
- BTL ger fördelar när det gäller växthusgaser, men energianvändningen är hög. Kostnaderna för reduktion av växthusgaser är jämförbara med traditionell biodiesel.

Vätgas

- Resultatet beror på produktionssätt. Effekterna blir marginellt positiva men med höga kostnader om produktion sker från naturgas. Höga utsläpp av växthusgaser vid framställning genom elektrolys vid användning av normal europeisk eller amerikansk elmix. Låga utsläpp av växthusgaser vid framställning från förnybara energikällor eller genom elektrolys via elproduktion baserad på huvudsakligen vatten- och kärnkraft (motsvarande svensk elmix).
- Utsläpp av växthusgaser är högre för förbränningsmotorer drivna med vätgas (producerad ur fossil råvara) än för naturgasfordon. Endast små vinster i utsläpp av växthusgaser vid användning av reformering ombord.

Nära nollutsläpp är endast möjligt med el, vätgas och biobränslen. Dieselmotorer och bränsleceller är de mest effektiva energiomvandlarna. Hybrider innebär en betydande förbättring. Fordonets storlek är en viktig faktor och kan överbrygga skillnader mellan olika bränsleteknikalternativ.

6.1.8 Prognoser för alternativa drivmedel

De huvudsakliga drivkrafterna för utvecklingen av alternativa bränslen är ett ökat behov av bränsle inom transportsektorn, risken för brist på olja och/eller skenande oljepriser samt behovet av att minska utsläppen av växthusgaser.

IEA:s prognoser¹¹⁸ ger vid handen att förnyelsebara energikällor, huvudsakligen biomassa, kommer att stå för 14 % av den totala energianvändningen år 2030 och att biodrivmedel kan täcka 4-7 % av världens transportbehov. De högsta uppskattningarna av möjliga bioenergireserver (som IEA behandlat) är att bioenergi kan täcka så mycket som 30 % av världens energibehov år 2030. El- och värmeproduktion är de mest effektiva sektorerna för slutanvändning av biomassa.

Bensin och diesel förutspås i IEA-prognoserna även fortsättningsvis vara de dominerande fordonsbränslena år 2030. Biodrivmedel baserade på traditionella råvaror såsom majsetanol och biodiesel baserat på vegetabiliska oljor kommer fortfarande att användas år 2030. Å ena sidan är traditionella biodrivmedel ofta förknippade med problem ur hållbarhetssynpunkt och problem vad det gäller slutanvändning, å andra sidan är kapitalkostnaderna förknippade med framställningsprocesserna förhållandevis låga. Hydrering av vegetabiliska oljor ger hopp vad det gäller förbättring av egenskaperna vid slutanvändning. Vad det gäller råvarornas problem ur hållbarhetssynpunkt så måste detta lösas med internationellt vedertagna kriterier och regler.

Traditionella biobränslen kan komma att successivt ersättas med nästa generation syntetiska biodrivmedel. Kol och naturgas kan också användas som råmaterial för syntetiska bränslen med redan kommersiell teknik. Generellt sett har nästa generation syntetiska bränslen bättre egenskaper än traditionella bränslen och förväntas därför få stor betydelse på lång sikt. Processerna för framställning av syntetiska bränslen är dock ganska kapitalintensiva vilket resulterar i blygsamma prognoser fram till år 2030.

Den genomsnittliga kostnaden för den första generationens biodrivmedel varierar mellan 10 och 20 €/GJ, endast brasiliansk etanol från sockerrör är för närvarande konkurrenskraftig med bensin och diesel. Nuvarande kostnadsberäkningar för t.ex. etanol från lignocellulosa är högre, men verkar gå mot minskad kostnad när tekniken förbättrats. Efterfrågan på etanol kommer sannolikt att vara högre än för t.ex. BTL-biodiesel. Detta antagande är baserat på det faktum att diesel är dominerande i Europa, men bensin är dominerande i de delar av världen där avkastningen för biomassa är högst.

Naturgas är ett ganska utbrett bränslealternativ. Renad biogas kan ersätta naturgas och biogas används redan i många länder. Men gasformiga bränslen kräver särskild infrastruktur, och detta utgör ett hinder för storskalig utveckling. Andra bränslen, som DME och vätgas kommer enligt prognoserna att vara nischbränslen inom transportsektorn på medellång sikt. På lång sikt kan ett större genomslag vara möjligt, men osäkerheten är stor.

¹¹⁸ IEA WEO 2006; 2007, samt IEA Energy Technology Essentials 2007a-c

6.2 Alternativa energiomvandlare

Förbränningsmotorn kommer sannolikt att vara den huvudsakliga energiomvandlaren inom transportsektorn under överskådlig tid. De senaste 20 åren har fokus för motorutvecklingen främst legat på reduktion av emissioner. Fokus för framtida utveckling av traditionella förbränningsmotorer kommer i stor utsträckning att ligga på energieffektivitet. Motorerna och systemen för avgasefterbehandling kommer att bli mer och mer komplexa, vilket kommer att kräva högkvalitativa drivmedel. Nya förbränningsprocesser som både ökar verkningsgrad och minskar utsläpp är under utveckling. Dessa kan komma att kräva helt andra bränslen än konventionella otto- och dieselmotorer.

Parallellt med utvecklingen av traditionella förbränningsmotorer har en rad alternativa energiomvandlare utvecklats för fordonsbruk såsom eldrift, hybridteknik och bränsleceller. Hybridteknik är ett alternativ som redan finns kommersiellt och som i framtiden bedöms vara en viktig faktor för att minska bränsleförbrukning och utsläpp. Bränsleceller drivna med vätgas presenteras ofta som det slutgiltiga målet inom fordonsutveckling. Eldrift är ett alternativ som sannolikt kommer att öka de närmaste åren.

Nedan följer en översikt för utvecklingen av hybridfordon och bränsleceller som är två intressanta energiomvandlare för framtiden, speciellt i ett längre tidsperspektiv.

6.2.1 Hybridfordon

Ett hybridfordon är ett fordon som har mer än en typ av energiomvandlare och energilagringssystem för sin framdrivning. I hybridfordon (HEVs, hybrid electric vehicles) kombineras vanligen en konventionell förbränningsmotor av otto- eller dieseltyp med en energilagringseenhet (vanligen ett stort batteri) samt en eller två elektriska motorer. Kombinationen ger låg energianvändning och låga utsläpp utan att göra avkall på motoreffekt, räckvidd och bekvämligheten att kunna använda konventionella bränslen. Det är också möjligt att använda en energiomvandlare som drivs av alternativa drivmedel eller att använda en bränslecell som energiomvandlare, vilket ger ytterligare fördelar.

Den ökade verkningsgraden för hybridfordon utrustade med konventionella förbränningsmotorer beror framför allt på två saker. För det första gör hybridteknik det möjligt att jämnar ut driften för förbränningsmotorn så att den får jobba vid belastningar där verkningsgraden är som högst. När fordonet står stilla stängs motorn av för att undvika onödig tomgångskörning, vilket minskar bränsleförbrukningen och utsläpp. För det andra återvinner hybridfordon rörelseenergi vid inbromsning (så kallad regenerativ bromsning), som annars skulle ha gått

förlorad i form av värme. En del av rörelseenergin kan återvinnas genom att låta elmotorn bromsa bilen. Elmotorn fungerar då som en generator vilken producerar el som lagras i batteriet. Elektriciteten används sedan för att accelerera bilen igen.

Faktum är att förbränningsmotorn i en konventionell bil har mycket låg verkningsgrad. Mindre än 20 % av den energi som finns i bensinen används faktiskt för framdrift av hjulen, det mesta går förlorat som spillvärme. I en konventionell bil är motorn mycket kraftfullare än vad som krävs för att driva bilen vid en konstant hastighet av till exempel 100 km/tim eftersom extra motor-effekt behövs för att klara snabba accelerationer. Förutom vid accelerationer används egentligen inte denna motoreffekt, och större delen av tiden arbetar motorn långt under sin kapacitet med sämre verkningsgrad. De största energiförlusterna uppstår när bilen står på tomgång, vid inbromsning, och vid låga hastigheter.

I ett hybridfordon hjälper elmotorn till vid acceleration, vilket gör det möjligt att använda en mindre och mer effektiv förbränningsmotor. Vid låga hastigheter använder ett hybridfordon ofta bara elmotorn, som har en verkningsgrad i storleksordningen 90 %. På medelhöga eller höga hastigheter, används förbränningsmotorn som då arbetar i området där den har högst verkningsgrad och producerar högre effekt än vad som behövs till bilen i det ögonblicket. Denna extra energi matas in i batteriet, för att användas senare vid behov.

Hybridfordon kan vara konfigurerade på många olika sätt. Ofta görs en indelning utifrån hur drivlinan är konstruerad, man brukar skilja på parallellhybrida system, seriehybrida system och kombinationer av dessa. I parallella hybridfordon är både den konventionella motorn och elmotorn anslutna till kardanaxel och hjulen på bilen. Ett fordon med parallell hybriddesign kan till exempel använda förbränningsmotorn vid körning på motorväg medan den använder både förbränningsmotor och elmotor vid accelerationer. I seriella hybridfordon är den konventionella motorn endast avsedd för att generera elektricitet, som sedan driver elmotorn som i sin tur driver hjulen. Seriella hybridfordon har ingen mekanisk koppling mellan den konventionella motorn och hjulen, vilket innebär att all energi överförs från kemisk energi (i bränslet) till mekanisk energi till elektrisk energi, och sedan tillbaka till mekanisk energi för att driva hjulen. Båda systemen är kommersiella idag och båda har sina för- och nackdelar. Kombinationer av seriella och parallella drivsystem finns också, till exempel där framhjulen drivs av en konventionell motor och bakhjulen av en elektrisk motor.

Antalet hybridbilar är fortfarande litet i förhållande till totala antalet bilar men försäljningen av hybridfordon är starkt ökande och utsikterna för hybridfordon är mycket positiva. Generellt sett har europeiska tillverkare varit långsamma när det

gäller implementeringen av hybridteknik. Ett skäl är att fokus mycket har legat på energisnåla dieslbilar.¹¹⁹

I Sverige är andelen hybridbilar omkring 1,1 % och i USA 2,2 % (2007).¹²⁰ Idag finns det ett femtontal modeller av hybridbilar på marknaden och ett ungefär lika stort antal kommer att introduceras de närmsta åren. Den mest välkända hybridbilen är Toyota Prius som har funnits på marknaden sedan 2001. Förutom Toyota märks bilmärken som Honda, Lexus, Nissan, Ford med flera. Kostnaden för hybridbilar är ungefär 5000 US dollar mer än för jämförbara konventionella bilar och bränsleförbrukningen är ungefär hälften så stor som de konventionella motsvarigheterna.

Vanligen är hybridfordon inte laddbara via elnätet, all el som går till batteriet är producerad av förbränningsmotorn. Vissa hybrider, så kallade plug-in-hybrider har utökad batterikapacitet och möjligheten att ladda batteriet direkt från elnätet, vilket innebär att eldrift kan användas i större utsträckning. Räckvidden som en plug-in-hybridbil kan köra på el varierar idag från modell till modell, allt från mindre än 20 km upp till drygt 100 km.

Hybridteknik kan användas i de flesta segment på fordonsmarknaden såsom personbilar, stadsbussar, och lastbilar. Fördelarna är mindre för tunga lastbilar som kör långa sträckor med konstant hastighet och för små billiga personbilar som redan är bränslesnåla och där den extra inköpskostnaden är ett stort hinder. När det gäller tunga fordon används hybridteknik framför allt i bussar i stads- trafik även om det på prototypstadiet finns andra typer av tyngre fordon. Det finns idag ett flertal prototyper av militärfordon med hybriddrift i bland annat USA, Frankrike och Tyskland, där de dominerande lösningarna är diesel- elektriska.¹²¹

Hybridfordon är en utveckling av befintlig och beprövad teknik, snarare än en helt ny teknik. Detta är en stor fördel när det gäller introduktion på marknaden – förändringarna kan införas successivt vilket minskar risken för allvarliga tekniska problem. En annan fördel är att ingen ny infrastruktur krävs.

Hybridfordon har starka miljömässiga fördelar: de minskar skadliga utsläpp av luftföroreningar, minskar bränsleförbrukningen och utsläpp av växthusgaser till ungefär hälften. Det finns egentligen inga hinder för en introduktion av alternativa drivmedel som etanol, biodiesel och naturgas, vilket ger ytterligare förbättringar ur miljösynpunkt.

¹¹⁹ Nylund et al. (2008)

¹²⁰ IA-HEV (2008)

¹²¹ FMLOG (2007)

Det finns fortfarande stor potential för förbättring när det gäller hybridteknik, inte bara i att minska kostnaden utan också när det gäller det tekniska utförandet. Nyckeln till den fortsatta utvecklingen kommer antagligen att vara ytterligare förbättringar av batteriets prestanda, så att batteriet lätt klarar drift i 8-10 år och att möjliggöra batteridrift i 20-30 km. Detta skulle göra det möjligt för hybridfordon att köra på batteri med emissioner på nollnivå i till exempel städer.¹²²

På kort sikt (5-10 år) är hybridfordon ett av få sätt att i praktiken uppnå miljö- och energimål inom transportsektorn, särskilt eftersom hybridfordon lätt kan anpassas till att fungera på avancerade eller alternativa bränslen. På längre sikt (10-20 år) kan kostnaderna för bränsleceller och avancerade batterier ha kommit ner till en punkt där antingen bränslecellfordon eller batterielektriska fordon blir prismässigt konkurrenskraftiga inom vissa marknadssegment.

6.2.2 Bränsleceller

Bränsleceller är elektrokemiska enheter som använder vätgas (H_2), eller väterika bränslen, tillsammans med ett oxidationsmedel (vanligtvis syre från luften), för att producera elektrisk energi med värme som en biprodukt. Bränslet (på anodsidan) och oxidanten (på katodsidan) reagerar i närvaro av en elektrolyt. Anoden och katoden är belagda med ett katalysatorskikt som påskyndar de elektrokemiska reaktioner som sker på respektive elektrod. Bränslecellen kan liknas vid ett batteri som kan 'tankas' med ett bränsle. En viktig skillnad jämfört med batterier är just att bränslecellerna konsumerar bränsle som kontinuerligt måste fyllas på, medan batterier lagrar elektrisk energi kemiskt i ett slutet system. Dessutom reagerar och förändras elektroderna i ett batteri när batteriet laddas eller urladdas, medan elektroderna i en bränslecell är katalytiska och relativt stabila.

Många kombinationer av bränslen och oxidationsmedel är möjliga. Det vanligaste bränslet är vätgas. En vätecell använder väte som bränsle och syre som oxidationsmedel och släpper i princip bara ut vattenånga som restprodukt. De flesta bränsleceller kan dock även använda andra typer av bränslen såsom kolväten (t.ex. naturgas, bensin) och alkoholer (t.ex. metanol) som i katalysatorer via så kallad reformering omvandlas till vätgas och koldioxid.

Bränsleceller karaktäriseras av hög verkningsgrad och låga halter av skadliga utsläpp. Utsläppen från en bränslecell begränsar sig till rent vatten samt de restprodukter (främst koldioxid) som bildas vid en eventuell reformering av primärbränsle. En typisk bränslecell genererar normalt en spänning på ca 0,7-0,8 volt,

¹²² IA-HEV (2008)

en effekt på några tiondels eller hundra delars watt och har en elektrisk verkningsgrad på omkring 50 %. Bränsleceller monteras i moduler som kallas stackar och ansluts elektriskt både seriellt och parallellt för att ge högre utspänning och effekt.

Ofta delar man upp bränsleceller i tre kategorier: högttemperaturceller (HT), mellantemperaturceller (MT) och lågttemperaturceller (LT) beroende på deras arbetstemperatur. Högttemperaturceller arbetar vid hög temperatur (ca 500-1000°C), varvid den tillförda värmeenergin katalyserar reaktionen. Mellan- och lågttemperaturceller (ca 20-500°C) har lägre arbetstemperatur och kräver därför elektoder med ett katalysatorskikt av platina. Bränsleceller klassificeras även ofta utifrån vilken elektrolyt som används. Några av huvudtyperna av bränsleceller anges nedan. Alla nedanstående bränsleceller använder väte som bränsle förutom DMFC som drivs direkt med metanol utan någon föregående bränslereformering:

- o PEFC - Polymerelektrolytbränslecell (Polymer Electrolyte Fuel Cell).
- o MCFC - Smältkarbonatbränslecell (Molten Carbonate Fuel Cell).
- o SOFC - Fastoxidbränslecell (Solid Oxide Fuel Cell).
- o PAFC - Fosforsyrabränslecell (Phosphoric Acid Fuel Cell).
- o AFC - Alkalisk bränslecell (Alkaline Fuel Cell).
- o DMFC - Direktmetanolbränslecell (Vanligen av PEFC-typ).

I bränsleceller av PEFC-typ är elektrolyten en polymer med jonledande egenskaper och katalysatorn består vanligen av ren platina. Bränsleceller av PEFC-typ kan användas antingen för att driva fordon eller för stationär elproduktion. De är de bäst lämpade bränslecellerna för fordonsapplikationer då de arbetar vid låga temperaturer (från rumstemperatur upp till knappa 100°C, men i vissa fall ända upp till 200°C), har en kort uppstartstid, hög verkningsgrad och hög effekttäthet. De är dock känsliga för föroreningar av kolmonoxid och svavel från bränslet och måste därför matas med förhållandevis ren vätgas. Om ett kolvätebränsle används måste bränslet först reformeras till en vätgasrik gasblandning i kombination med omfattande upprening, vilket för närvarande är en mycket dyr lösning. Stationära kraftvärmesystem baserade på PEFC har elverkningsgrader runt 30 % och en totalverkningsgrad på 70-80 %. Den mest omfattande utvecklingen av PEFC sker dock internationellt inom fordonsindustrin, med fokus på framdrift och med vätgas som bränsle. Systemen är runt 100 kW el och har 'tank-to-wheel'-verkningsgrader på upp till 60 %. Det pågår även arbete med att använda PEFC för hjälpkraft ombord på tunga fordon, så kallad APU (Auxiliary Power Unit).

MCFC och SOFC är de mest lämpade bränslecellerna för stationär kraft- och värmeproduktion. MCFC använder sig av nickelbaserade elektroder i närvaro av smälta karbonater. SOFC använder sig av fasta oxider som elektrolyt. Både MCFC och SOFC arbetar vid höga temperaturer ($>650^{\circ}\text{C}$ respektive $800\text{--}1000^{\circ}\text{C}$). Gemensamt för dessa högtemperaturbränsleceller är att de är väldigt bränsleflexibla till följd av deras inre bränslereformeringsförmåga, de behöver alltså inte dyra katalysatorer för bränslereformering. Naturgas är ett vanligt bränsle. På grund av hög temperatur och lång uppstartstid är MCFC och SOFC inte de bäst lämpade för användning i fordon, dock är SOFC en kandidat som hjälpkraftssystem (APU) i fordon. Både MCFC och SOFC har lovande utsikter vad det gäller kombinerad produktion av värme och el till byggnader.

PAFC och AFC används också för stationära applikationer. PAFC arbetar vid ca 200°C och var den första bränslecellen som kommersialiserades. Många naturgasdrivna PAFC-system i storleksklassen 200 kW är i bruk, men den potentiella marknaden är begränsad då de är tunga, dyra och inte har utsikter att bli så mycket billigare. AFC arbetar vanligen vid $100\text{--}250^{\circ}\text{C}$ (nyare versioner vid $23\text{--}70^{\circ}\text{C}$) och utvecklades för elproduktion inom det amerikanska rymdprogrammet. AFC-bränsleceller för idag en tynande tillvaro.

DMFC är liksom PEFC en lågtemperaturbränslecell baserad på ett polymerelektrolytmembran men använder metanol direkt som bränsle utan något behov av reformer. Oxidation av metanol är dock en väsentligt trögare reaktion än oxidation av vätgas vilket gör att DMFC generellt har låg effektdensitet och energiverkningsgrad, vilket innebär att de inte är särskilt lämpade för stationärt bruk eller i fordon. DMFC är det ledande alternativet för att ersätta batterier i bärbar elektronik, eftersom det vätskeformiga bränslet innebär att DMFC kan göras kompakta och metanol är lätt att transportera.

Bränslecellforskningen är framför allt inriktad på att förbättra prestanda och livslängd. Några av de avgörande fördelarna med bränslecellteknik är att;

- verkningsgraden är mycket hög,
- utsläppen är små och vid ren vätgasdrift obefintliga,
- vätgas kan lagras till skillnad från elektricitet, samt att
- vätgas enkelt kan utvinnas ur kolväten.

Några av grundproblemen är att;

- tillverkning av bränsleceller fortfarande är för dyr,
- bränslecellens livslängd måste ökas, samt att

- infrastruktur saknas, främst då det gäller vätgasförsörjning till fordon. På den nordamerikanska västkusten och i Tyskland pågår dock redan utbyggnad av vätgasmackar.

På fordonssidan är PEFC den vanligaste bränslecellen och omfattar också ca 70-80 % av den småskaliga (1-10 kW) stationära bränslecellsmarknaden. Området större stationära bränsleceller (>10 kW), inkluderande alla typer av bränslecellstekniker, har utvecklats snabbt under de senaste åren. Mycket händer i USA, och då framför allt i Kalifornien och i Connecticut. I Europa är Tyskland mest aktivt. Det går inte att peka ut en enskild teknologi som framtida dominant inom detta marknadssegment, utan det finns idag flera tillverkare av MCFC, PAFC, PEFC och SOFC. Trenden är att alla teknologier fortsätter att utvecklas och kommer att fortsätta att finnas parallellt på marknaden under överskådlig tid framöver. Global produktion av bränsleceller uppgår till flera tusen enheter per år, 80 % för stationära och bärbara användningsområden och resten för demonstrationsprojekt av bränslecellsfordon.

I en Elforsk-rapport från 2008 görs en teknikbevakning av bränslecellsområdet under 2007. Nedan är ett utdrag av de sammanfattande trenderna i den rapporten:

En av de uppenbara trenderna är att förnybara bränslen, speciellt biobränsle, blir allt viktigare vid en kommersiell introduktion av stationära bränsleceller. Det finns MCFC i kommersiell storlek som använder biogas som bränsle i Tyskland, USA och Japan. Naturgasen är inte längre första valet eftersom drivkrafterna i de stora länderna USA, Japan och Tyskland kräver inhemskt producerade bränslen och då räcker naturgasen inte till.

På det stationära området görs det olika vägval främst beroende på drivkrafterna i olika länder. I USA börjar SECA-programmet (utvecklingsprogram SOFC) mer och mer att fokusera på stora multi-MW SOFC som komponenter i kolkraftverk. Det skissas till och med på bränsleceller i 100 MW-klass. I Europa, främst i Tyskland och i Japan är det överraskande stort fokus på små kraftvärmeanläggningar för småhus och mindre byggnader. Det byggs fabriker idag för att tillverka stora volymer av denna typ av bränslecellsanläggningar. Bränsleceller i storleksordningen från cirka 100 kW och upp till MW-klass, främst avsedda för biobränsle, kan vara de mest intressanta för Sverige. Det återstår dock fortfarande flera frågor som fortfarande måste lösas innan stationära bränsleceller kan bli fullt konkurrenskraftiga – det gäller främst tillverkningskostnaderna och livstiden för bränslecellerna.

Det kommer sannolikt att ta många år innan bränsleceller blir fullt kommersiellt tillgängliga inom transportområdet. Det finns idag enbart ett fåtal demonstrationsfordon i drift, en stor fråga är fortfarande livslängden för bränslecellen. I

princip alla bränslecellsfordon använder ombordlagrad vätgas som bränsle, vilket kräver en utbyggd infrastruktur för vätgas. En specifik fordonsindustriell tillämpning som förvisso inte är traktionär, men som kan vara av relativt stort intresse för svensk fordonsindustri, är bränsleceller för produktion av el som hjälpkraft (APU), exempelvis när den stora dieselmotorn anses olämplig att använda för elproduktion tillsammans med en generator. I det kortare perspektivet är elhybridfordonen en stor konkurrent men de kan komma att ersättas av bränsleceller när tiden blir mogen.

Den teknik som ligger runt hörnet och som med stor sannolikhet kommer att synas mer och mer som kommersiella produkter är små portabla bränsleceller. De kan snabbt bli kommersiella eftersom de konkurrerar med batterier och har potential att nå långt högre energidensiteter än vad som är möjligt för konventionella batterier.

Enligt IEA Energy Technology Essentials (2007b) borde bränslecellsfordon kunna vinna betydande marknadsandelar under de kommande decennierna (upp till 30 % år 2050) om vätgas- och bränslecellskostnaderna minskar kraftigt och om en effektiv politik bedrivs för att begränsa koldioxidutsläppen. Produktionskostnaden för vätgas måste minska med en faktor 3-10 och kostnaden för PEFC med en faktor 10.

6.2.3 Om mobil kraftförsörjning i fält

Inom ramen för detta projekt har området kraftförsörjning i fält inte behandlats med samma djup som drivmedel. Det finns dock en viktig poäng med att samhantera drivmedel och kraftförsörjning för att söka synergier som kan innebära energieffektivisering, kostnadseffektivitet och ökad säkerhet. I workshopen som genomfördes med Försvarsmakten diskuterades drivmedel och kraftförsörjning i samspel (se diskussion kapitel 7, samt workshopunderlag i bilaga 2). En av de delstudier som preliminärt genomförs under 2009 kommer också att hantera drivmedel och kraftförsörjning integrerat (se avsnitt 7.3).

Den mobila kraftförsörjningen behandlas i FMV-rapporten *Teknisk prognos för teknikområdet strömförsörjning* från 2004 (till skillnad från mer stationär kraftförsörjning i camper, som är fokus i diskussionen i avsnitt 7.2). I den rapporten belyses sex tillämpningar inom det framtida nätverksbaserade försvaret, nämligen IT-soldaten, rörliga ledningsfunktioner, mobila kommunikationssystem, sensorsystem, hybridfordon samt obemannade farkoster. Kraftförsörjningslösningarna inkluderar batterier, bränsleceller, superkondensatorer, solceller och mikroturbiner, vilka sammanfattas nedan.

Batterier

Batterier kan antingen vara icke-laddningsbara eller laddningsbara. Valet mellan dessa bestäms av ekonomiska faktorer och vilka tekniska krav som ställs på användningen. Som lagringsmedia för energi är batterier sämre än flytande bränslen som diesel. Fördelen är att energin fås direkt i elektrisk form. En viktig egenskap för militära tillämpningar är att batterier inte lämnar några termiska eller akustiska spår. Ett stort antal olika typer av batterier finns tillgängliga inom många olika tillämpningar och alla batterityper har sina för- och nackdelar.

Bränsleceller

Bränsleceller kan ses som en typ av batteri som kontinuerligt måste tillföras bränsle från ett externt lager för att fungera. Bränslecellen behöver aldrig laddas utan levererar likström så länge bränsle tillförs (se tidigare avsnitt "Bränsleceller"). Bränslecellstekniken kännetecknas av hög verkningsgrad och låga halter av skadliga emissioner. De huvudsakliga tillämpningarna är fordonsdrift, bärbar och stationär el- och värmeproduktion. Minskad kostnad och ökad livslängd är viktigt när det gäller framtidsutsikterna för bränsleceller. Den främsta tekniska barriären i militära sammanhang är att dagens system inte kan drivas med diesel eller fotogen, vilket innebär att andra bränslen måste användas som kräver ny separat bränslelogistik.

Superkondensatorer

Superkondensatorer är en energilagringsteknik som är väl lämpad för upprepade höga effektuttag under kort tid. De kan både urladdas och återladdas ned till delar av sekunder. Superkondensatorer har bredare temperaturfönster än batterier och mycket god livslängd. Till begränsningarna hör hög självurladdning och ett än så länge alltför högt pris. Superkondensatorer befinner sig i ett förkommersiellt utvecklingsstadium. Potentiella tillämpningar är komplement till och ersättning för vissa typer av batterier, effektbuffert i hybridfordon, kombination med bränsleceller, obemannade övervakningsenheter med mera.

Solceller

Solceller omvandlar solljus direkt till elektricitet. För att kontinuerligt ge ström krävs ett energilager, vanligtvis ett batteri som ger energi när solen är skymd. Flera solceller kopplas ihop till moduler om vanligen 30-40 celler, vilket ger 15-24 V. Solcellsteknik karaktäriseras av höga investeringskostnader, låga kostnader för drift och underhåll samt mycket lång livslängd (20-30 år). Etablerade tillämpningar är bland annat bärbar elektronik, elektrifiering av avlägset belägna byggnader, telekommunikationsanläggningar, trafiksignaler och elproduktion till nät.

Mikroturbiner

Mikroturbiner är små gasturbiner med en eleffekt på delar av W till ett antal 10-tals kW. Huvudkomponenter i ett mikroturbinsystem är kompressor, förbränningskammare, turbin och generator. Mikroturbiner är mycket bränsleflexibla och kan drivas med naturgas, biogas, propan eller flytande bränslen som diesel och fotogen. Mikroturbiner är kompakta, ger hög effekt i förhållande till storlek och vikt, ger låga halter av skadliga emissioner samt innehåller få rörliga delar och därmed låga underhålls krav. Svagheter är relativt hög ljudnivå och låg elverkningsgrad. Stationära mikroturbiner med eleffekt på ett antal 10-tals kW är kommersiellt tillgängliga i medan de riktigt små fortfarande är på forsknings- och prototypstadiet. Potentiella tillämpningar för små mikroturbiner är bland annat i bärbara datorer, för framdrivning av små obemannade farkoster, elförsörjning av sensorer och mobila kommunikationsutrustningar.

7 Diskussion och analys: energi och säkerhet med Försvarsmaktens perspektiv

7.1 Vad kan omvärldsförändringarna innebära för Försvarsmakten?

De potentiella omvärldsförändringar kopplat till energiområdet som diskuterades i genomgången av olika framtidsscenarier kommer att beröra Försvarsmakten på olika sätt. Man kan exempelvis tänka sig att ökande knapphet på energiresurser i sig kan orsaka instabilitet, men även fungera som en förstärkningsfaktor i redan pågående konflikter. Spelet kring energiresurserna kan även påverka förutsättningarna för det internationella samfundets förmåga att hantera konflikter. Ett exempel kan vara om EU:s energipolitik utvecklas gemensamt eller om olika länder genom att sätta egna intressen främst försvårar gemensamma ställningstaganden. Ett starkare FN – som enas kring klimatfrågan som vår tids stora utmaning – kan innebära nya samverkanspartners vid insatser för Sverige.

För att diskutera dessa frågors betydelse för Försvarsmaktens framtida verksamhet hölls en workshop med experter för en rad olika kompetenser inom försvarssektorn. Workshopen, med titeln *Miljö, energi och säkerhet: nya utmaningar för Försvarsmakten*, var ett samarrangemang mellan detta projekt och FoT-projektet Miljö och Säkerhet. Utgångspunkt för diskussionerna var scenarier, framtagna för att spegla möjliga förändringar på miljö- och energisäkerhetsområdet, utifrån de omvärldsanalyser som genomförts i bägge projekten. Scenarierna speglar situationer där internationella militära insatser genomförs och utspelar sig kring år 2030. Energisäkerhetsfrågorna illustreras relativt brett i scenarierna, däremot blir typen av uppgifter för svensk trupp endast ett litet utsnitt av möjliga uppgifter. Scenarierna kan ändå utgöra en grund för diskussioner om vad dessa situationer kan komma att medföra för utmaningar för Försvarsmakten, t.ex. i form av nya uppgifter, nya påfrestningar eller nya samverkanspartners.

Scenarierna ska dels ses som ett resultat av våra studier – något som kan vidga föreställningsramarna om vad som är möjliga utvecklingar och vad det i sin tur kan innebära för Försvarsmakten. Scenarierna är också ett verktyg för oss att ta arbetet vidare bl.a. genom att i samverkan med Försvarsmakten identifiera framtida fördjupningsområden. Under workshopen delades deltagarna upp i två grupper, för diskussioner kring två scenarier vardera.

7.1.1 Sammanfattning av scenarierna och scenariodiskussionerna

De scenarier som användes som diskussionsunderlag belyste miljö- och energifrågornas koppling till säkerhet på flera olika sätt. Klimatförändringarna, som ju är starkt kopplade till användningen av energi, anses generellt sett kunna förstärka och försvåra redan existerande konflikter, vilket är en central aspekt i både scenario 1 och 4. Kampen om energiresurser, och även inkomsterna från dem, kan direkt och indirekt ge upphov till spänningar både inom och mellan länder. Olika länders strategier att själva försäkra sig om tillgången till energi kan även i förlängningen försvaga handlingskraften exempelvis vad gäller internationella insatser. Detta speglas, tillsammans med uppkomsten av nya möjligheter för energiutvinning, i scenario 2. Likaså kan den globala synen på klimatproblematiken påverka denna handlingsförmåga. Scenario 3 inkluderar den militära uppgiften att skydda energirelaterad infrastruktur. Detta scenario lyfter fram det ömsesidiga beroendet på energiområdet och de många olika aktörer som kan ha (energi)intressen i en och samma region. Scenarierna 1 och 4 har sin tyngdpunkt i miljö- och klimatsäkerhetsproblematiken, men berör även energisäkerhet. En säkerhetsfrämjande potential i energifrågan, belyses i scenario 1, där utvecklingsprojekt för att producera och sälja energi ingår.

Nedan sammanfattas scenarierna (fullständiga scenarier återfinns i bilaga 1). Vi lyfter här också särskilt fram energi- och säkerhetsrelaterade aspekter och sammanfattar den diskussion som fördes bland workshopdeltagarna för respektive scenario.

Scenario 1: Insats för att bygga fred i svårt splittrat samhälle i östra Afrika

- o Det råder samsyn att klimatproblematiken är vår tids största fråga.
- o Det råder större enighet inom FN om behovet av klimatanpassning, liksom om internationella säkerhetsinsatser.
- o Klimatförändringen har slagit hårt mot Somalia, med torka och ökad ökenutbredning.

Minskad tillgång på fruktbar mark leder till våldsutbrott som regimen i Somalia inte förmår att hantera. Det beslutas om en FN-insats som syftar till att skilja de stridande åt, att underlätta humanitärt bistånd, men även till att utveckla stabila institutioner och ett fungerande samhälle på väg mot demokrati. Den politiska fragmenteringen är stor och ingen gruppering kontrollerar landet. En öppning är att försöka genomföra ett vätgasprojekt, som skulle ge landet tillgång till energi och möjligheter till exportintäkter. Sverige ställer upp med militära enheter liksom med civilförsvarsenheter och sjukvårdsresurser och förbinder sig att

stanna under längre tid. Man kommer att samverka med kinesiska styrkor inom samma region.

Energi- och säkerhetsrelaterade aspekter:

- Klimatförändringarnas indirekta koppling till energiproblematiken.
- Energiprojekt för att bygga fred och utveckling i Somalia kan på sikt innebära diversifierad energiförsörjning och ökad försörjningstrygghet för Sverige och Europa men också försvåra insatsen.

Workshop-diskussionen:

- Scenariot innebär ingen ny typ av militär uppgift, man utför liknande i t.ex. Kongo. Däremot är åtagandet väldigt långtgående med införd demokrati som 'end-state'. Det nya är att samordna insatsen med civila enheter. Det krävs en nationell planering före insatsen, istället för att som idag inse behoven allt eftersom problemen uppstår.
- Samarbete med Kina är inget nytt, så länge det handlar om samverkan. Gäller det fullständig integrering i deras trupp blir den en annan sak. När det gäller FN-insatser finns en väl utarbetad metodik som alla deltagande länder anammar. Man försörjs även med förnödenheter. En möjlig svårighet är att man kan underställas en FN-ledning som inte ser problematiken på samma sätt.
- Det gäller att tidigt bygga upp och även delvis själv nyttja infrastruktur, inte minst för egen säkerhet.

Scenario 2: Arktis – konflikt kring rätten att utvinna olja och gas i oreglerade områden

- o Klimatförändringens kostnader har börjat tynga världsekonomin.
- o Stora stater agerar kraftfullt för att främja egna intressen i energifrågan.
- o FN är försvagat och har fått svårare att enas kring åtgärder för att lösa konflikter.
- o Stora delar av Arktis är isfritt och nya strategiska farleder har blivit tillgängliga norr om Sibirien och Kanada.
- o Länder med rättigheter i området vill exploatera olja och gas under havsbotten för att återfå en starkare ekonomisk utveckling, trots att detta förstärker växthuseffekten.

Både Norge och Ryssland har uppfattningen att ett omstritt område norr om Spetsbergen är särskilt lovande avseende energiutvinning. En norsk oljeplattform på väg mot farvattnen norr om Spetsbergen blockeras av ryska enheter. Då FN inte kan enas och Ryssland misstror USA som har egna intressen i Arktis, lyckas EU få Norge och Ryssland att acceptera en övervakningsstyrka från Sverige och Frankrike.

Energi- och säkerhetsrelaterade aspekter:

- Nya möjligheter till energiutvinning p.g.a. klimatförändringarna.
- Konfliktsituationer uppstår då länder agerar för att försäkra sig om tillgång på energi inom omstridda områden.
- Ny utvinning kan på sikt möjligen minska trycket på energi-’hot-spots’ i övriga delar av världen.
- FN blir försvagat då länder agerar unilateralt i klimat- och energifrågan.

Workshop-diskussionen:

- Detta ses som en strikt militär insats, utan civil-militära inslag. Det nya är marin insats i arktisk miljö, vilket ställer krav på en ny större fartygstyp. Man saknar erfarenhet att arbeta under längre tidpunkter vid dessa temperaturer. Det behövs således annan kompetens för att hantera större fartyg som tål temperaturen och som har kapacitet att vara på plats under längre tid.
- Klassisk övervakning kan göras med marina enheter – d.v.s. att synas över ytan. Andra (tekniska) möjligheter är med flyg, satellit- och signalspaning.
- Det är tveksamt om Sverige skulle blanda sig i denna konflikt, med tanke på både politik och geografi. Sverige skulle inte uppfattas som trovärdig p.g.a. närheten till Norge. Samtidigt handlar det om ett perspektiv på 20-30 år och vi vet inte hur det ser ut då. En viktig aspekt är i vilken riktning svenskt försvarssamarbete går, är det mot EU eller mer åt nordiskt samarbete?

Scenario 3: Skydd av infrastruktur i f.d. Sovjetrepublik

- o Landet X-stan är en f.d. Sovjetrepublik med stora olje-, gas- och urantillgångar.
- o Energiintäkterna går enbart till ett fåtal.

- o Europa har naturgasintressen i regionen och EU har tillsammans med USA finansierat en gasledning som går till Medelhavet via bl.a. Turkiet.
- o Även Kina har energiinvesteringar och intressen i strategisk infrastruktur i regionen.

Landets försök att frigöra sig från ryskt inflytande har medfört spänningar, då Ryssland betraktar X-stan som en del av sin intressesfär. Stora sociala orättvisor har också bidragit till ökad aktivitet hos olika former av minoritetsmiliser, som stöds av bl.a. Ryssland. Landet närmar sig inbördeskrig, men EU är passivt då vissa medlemsländer inte vill gå emot ryska ståndpunkter. Även FN är splittrat p.g.a. de olika intressena i regionen, men lyckas enas om en fredsbevarande insats med bl.a. svenska trupper. En central uppgift för den svenska styrkan är att skydda infrastruktur (bl.a. olje- och gasledningar) och produktionsanläggningar. X-stan är beroende av sina olje- och gasinkomster och dessutom påverkas energiförsörjningstryggheten i bl.a. Europa. Även anläggningarna för uranbrytning och förvaring av kärnbränsle är skyddsobjekt.

Energi- och säkerhetsrelaterade aspekter:

- Flera länders energi- och ekonomiska intressen hotas och ett fortsatt globalt beroende av fossil energi bidrar till hög inblandning och intensitet i konflikten.
- Olika länders egna energiintressen och externa energiberoenden försvårar gemensamt agerande.
- Landets relativa geografiska isolering, samhällsuppbyggnad och politiska historia underlättar vidare nationalisering och politisering av energin och förstärker klyftorna mellan fattig och rik.
- Energiresurserna är nödvändiga inkomstkällor för landet men skapar samtidigt friktioner p.g.a. orättvis fördelning av vinsterna.
- Energiinfrastruktur är möjliga mål för attacker, d.v.s. inte bara olje- och gasanläggningar utan även kärnenergianläggningar som medför ytterligare säkerhetsimplikationer.

Workshop-diskussionen:

- Den svenska insatsen bör ses som ett stöd till FN-insatsen men också för att värna svenska/europeiska ekonomiska intressen.
- Skyddsobjekten är både punktmål (t.ex. kärnbränslelager) och långsträckta (t.ex. olje- och gasledningar) vilket kräver olika typer av strategi och utrustning. För punktbevakning används trupp på mark.

Ledningarna är mer svårbevakade och sensortekniker behöver utvecklas, exempelvis UAV:er (d.v.s. obemannade flygfarkoster) för bevakning över stora ytor. Även personal behöver kunna förflyttas över stora avstånd.

- Urangruvorna utgör inget stort hot – uranet är svårhanterat, då det kräver en omfattande infrastruktur för att processa. Kärnbränslet är i sig stöldskyddat eftersom det är alltför radioaktivt för att kunna hanteras manuellt, men behöver dock skyddas mot attacker.
- Uppgifterna kräver inga nya förmågor, det handlar snarare om utveckling av befintliga förmågor. Diskussionen fokuserade på tekniska utmaningar, inga civil-militära aspekter. CBRN-diagnostiken behöver förbättras och täcka in ett större spann av vanliga sjukdomar.
- Man har egen försörjning med vatten och mat, åtminstone initialt. Man får se vad som finns på plats och eventuellt utnyttja dessa resurser om utrymme finns, med beaktande av värdet av ett gott förhållande till civilbefolkningen.

Scenario 4: Internationell insats i megastad i västra Afrika

- o Klimatanpassning uppfattas som vår tids stora fråga och FN har stärkts.
- o Minskande intäkter från olja och gas försvagar regimen i Nigeria.
- o Upproriska folkgrupper riktar sabotage och väpnade attacker mot exploatörerna, då oljeutvinningen medför miljöförstöring och ojämnt fördelade vinster.
- o En islamistisk stadsgerilla riktar attacker mot polis och militära anläggningar, men också mot utländska intressen i de rikare delarna av staden Lagos (med 15 miljoner invånare).
- o Översvämningar i Nigers floddelta till följd av klimatförändringarna skadar olje- och gasanläggningarna och förvärrar en redan svår miljösituation i Lagos med omnejd.

FN beslutar om en insats för att stabilisera läget. Befolkningen och olje- och gasanläggningar ska skyddas. Sverige ska medverka för att stabilisera läget i Lagos. Vatten- och avloppssystemet har begränsad kapacitet, transportsituationen är kaotisk och risken för epidemier är ständigt överhängande.

Energi- och säkerhetsrelaterade aspekter:

- Klimatförändringarnas indirekta koppling till energiproblematiken.

- Energiinfrastruktur är möjliga mål för attack.
- Instabiliteten uppkommer delvis p.g.a. ojämn fördelning av intäkterna från energiutvinningen.
- Försvagad regim i Nigeria delvis p.g.a. minskade intäkter från utvinning.
- Lokala miljöskador till följd av oljeutvinningen.

Workshop-diskussionen:

- Här är det övergripande målet att främja universella normer, som mänskliga rättigheter, vilket kan betraktas som ett svenskt värdeintresse. Begreppet *stabilisera* är vagt, avser man *normalisera*? För att kunna verka måste fungerande kedjor finnas/byggas upp, sjukvård till soldater, matleveranser etc. En förutsättning är att man tillämpar en s.k. 'comprehensive approach', som bl.a. inkluderar sjukvård, infrastrukturuppbyggnad, information samt skydd för NGO:er, företag m.fl.
- Civil-militär-samverkan måste vara god, men man måste också inse att man har olika uppgifter. Inför NBG08 var man dock noga med att peka på riskerna med att låsa in sig i exempelvis humanitär hjälp, som man sedan inte kan erbjuda över tiden. Det är bättre att verka genom att stötta dem som istället kan erbjuda denna hjälp långsiktigt.
- Strid i bebyggelse kräver utveckling av övervakning av stadsmiljö, bl.a. sensorer. Man måste kunna bevaka transporter (logistikproblem) och använda helikoptrar.
- Förmåga till sanering av utrustning på hemmaplan måste utvecklas, för att undvika att sjukdomar sprids. Man behöver även en ökad förståelse av klimatologiska aspekter vad gäller sjukdomar. Man behöver ta in FoU-kunskap i organisationen.
- Värme och fukt är påfrestningar som särskilt måste beaktas, för både personal och teknik. I samband med Tchad-insatsen gjorde man erfarenheten att man inte tog hänsyn till att bilar och utrustning "bara dör ut". Man anskaffar materiel som inte håller måttet, men klagar inte för att man vill gärna komma i väg och göra nytta. Exempelvis vattenreningsutrustning klarade inte resan till Tchad.

7.1.2 Några generella slutsatser från workshopen

Inget av scenarierna dömdes ut som orimligt eller medförde uppgifter som inte skulle kunna hanteras med en adekvat förmågeutveckling. Däremot kan det

ibland vara tveksamt om man utifrån ett politiskt perspektiv skulle vilja agera i en viss konflikt. Miljö- och energiproblematiken kan medföra uppgifter som Försvarsmakten visserligen redan har erfarenhet av – men i nya insatsmiljöer som i sin tur ställer nya krav. Avseende Arktis krävs omfattande uppbyggnad av ny marin förmåga, men i många fall kan man bygga på och modifiera befintlig förmåga, exempelvis för bevakning av långsträckt infrastruktur.

De utmaningar som kan associeras med scenarierna, t.ex. extremt klimat och vad det kan leda till, bör utvecklas ytterligare. Vad innebär det för Försvarsmakten? Vad betyder det för soldaterna och deras agerande? Vad är nytt, vad är sådant som accentueras, vilka är de nya trenderna, vad finns och kommer att fortgå? Detta är frågor som bör beaktas inom ramen för fortsatt arbete inom de bägge FoT-projekten Energisäkerhet respektive Miljö och Säkerhet.

Vi sammanfattar nedan några generella slutsatser från workshopen:

Det krävs ett nationellt helhetstänkande och planering i förväg

- Försvarsmakten har problem med stuprörstänkande inom organisationen, men det kan vara ännu svårare på politisk-strategisk nivå mellan myndigheter under olika departement. Detta kommer att bli mer problematiskt då insatser berör flera (typer av) organisationer som ska samverka.
- Samspelet med nya aktörer bör utvecklas eftersom insatser alltmer kan komma att innefatta ett brett spektrum av uppgifter som ska angripas utifrån en helhetssyn. Samverkan med NGO:er kan sannolikt innebära större kulturella krockar än samverkan med nya länder eftersom FN-insatser innebär ett förutbestämt och gemensamt ramverk. När FN leder insatsen dockar man in i ett system och man kan även få kostnadstäckning för vissa delar. En EU/NATO-insats är dock väsensskild från en FN-insats. I det fallet har respektive nation totalansvar för sin verksamhet, men man kan utnyttja samverkansfördelar, exempelvis vad avser logistik.
- Det behövs en tydligare politisk inriktning för vilka uppgifter Försvarsmakten ska förväntas kunna lösa i framtiden – även nationellt i fråga om stöd till samhället. Det råder även osäkerhet om med vilka Sverige kommer att liera sig i framtiden, kommer EU eller Norden att sättas främst i samarbetet?

Man behöver etablera och överföra kunskap om nya hot och utmaningar

- Generellt konstaterades att i alla scenarier finns hot som nu inte finns med i planeringen inför insatser. Därför sker heller ingen förmågeutveckling i den riktningen. Försvarsmakten behöver även bli bättre på kunskapsöverföring från FoU.
- Försvarsmakten behöver etablera en metodik (liksom kunskap om att bedöma behovet av materiel) för att verka utomlands, särskilt under långa tidsperioder. Det ställer i sin tur krav på såväl personalrekrytering som hanteringen av personalen.
- Försvarsmakten behöver bli bättre på att i planeringen beakta alla typer av hot i den aktuella insatsen och inte (som det kan upplevas i nuläget) att endast beakta dem man redan kan hantera. Det kommer även att krävas att man har en förståelse för olika grupperingars föreställningsvärld och tolkning av konfliktläget och hur det kan påverka soldatens agerande.
- Det bör etableras kanaler för FoT in i Perspektivplaneringsprocessen och andra kunskapsgenererande processer, för resultatöverföring av existerande forskning och kommande forskningsbehov. Detta bör särskilt kopplas till Försvarsmaktens strävan efter att öka den expeditionära förmågan.

7.2 Perspektiv på Försvarsmaktens framtida energilösningar

De energiteknikscenarier som diskuterats i kapitel 3, tillsammans med sammanställningen om alternativa drivmedel och energiomvandlare i kapitel 6, utgör underlag när det gäller att undersöka möjligheter för Försvarsmaktens framtida energilösningar. En viktig aspekt avseende såväl säkerhet, miljö som ekonomi är möjligheter till synergier mellan drivmedelsförsörjning och kraftförsörjning i fält/camp. Olika tänkbara kombinationer skiljer sig åt vad gäller tillförsäkras säkerhet, teknisk säkerhet, miljöhänsyn, och operativa för- och nackdelar.

Under en workshop med företrädare för olika kompetenser inom Försvarssektorn diskuterades tre principiella lösningar, som alla antogs vara kommersiellt tillgängliga i ett 2030-perspektiv:

1. Kraftförsörjning i camp genom småskalig elproduktion via *solceller* och små *vindkraftverk* med eventuell stödinkoppling av lokalt elnät eller reservkapacitet i egna elverk med flytande bränsle som insatsvara.

Transport med *plug-in-hybridfordon*, d.v.s. flytande drivmedel i kombination med eldrift (uppladdning dels i camp, dels via konventionell motordrift).

2. *Flytande bränsle* som drivmedel till fordon och som insatsvara till kraft- och värmeproduktion. Detta kan innebära olika grad av *inblandning av förnybart* flytande bränsle i bensen och/eller diesel eller 100-procentigt förnybara lösningar.
3. *Bränsleceller* både för kraftförsörjning och framdrift av (el)fordon. Insatsvara är vätgas eller annat väterikt bränsle (flytande/gas). Ev. reservsystem är konventionell elproduktions- och fordonsteknik med gas eller flytande bränsle.

Som utgångspunkt för att jämföra, identifiera för- och nackdelar, liksom att fånga upp andra aspekter och osäkerheter förknippat med de olika varianterna användes följande parametrar:

<i>Safety</i>	- Teknisk säkerhet, driftssäkerhet
	- Hälsa, personskydd
<i>Security</i>	- Tillgång, tillförsälsäkerhet
	- Operativa aspekter
<i>Insatsmiljön</i>	- Klimat, topografi m.m
<i>Övrigt</i>	- Interoperabilitet, kostnadseffektivitet m.m

Målet med övningen var inte att finna den entydigt bästa lösningen eller att försöka förutse vilken lösning som troligtvis blir gångbar i framtiden. Avsikten var snarare att problematisera frågeställningen ytterligare genom att fånga upp så många olika aspekter som möjligt förknippat med respektive lösning. Exempelvis kan en viss kombination innebära goda tillförsälsförutsättningar, men innebära operativa nackdelar i vissa insatsmiljöer. Uppgiften i detta sammanhang var inte att göra någon sammantagen avvägning, utan snarare att se nya möjligheter till ökad säkerhet, bättre kostnadseffektivitet och minskad miljöpåverkan samt att identifiera målkonflikter. I synnerhet skulle aspekter som kan ha stor inverkan på Försvarsmaktens förmågor och förutsättningar att lösa sina uppgifter identifieras.

Som ytterligare underlag till workshopen delades förberedelsematerial ut, i form av en teknisk kunskapssammanställning om alternativa drivmedel och energiomvandlare (motsvarande en sammanfattning av kap. 6) samt tre skissartade insatsscenarioer med fokus på logistik (se bilaga 2 och 3). De sistnämnda var avsedda att fungera som inspiration vad gäller aspekter på den specifika insatsmiljöns betydelse, men också vad gäller insatsens karaktär.

7.2.1 Sammanfattning av workshop om framtida energilösningar

Diskussionen hölls i storgrupp med en facilitator. Diskussionen kan sammanfattas i följande punkter:

Allmänt om de olika lösningarna

- Vätgas innebär en explosionsrisk (både safety- och securityrisk), så även bensin, men i mindre grad drivmedel som etanol.
- Bränsleceller är en intressant teknisk lösning, men den ligger kanske ännu längre fram i tiden än 2030.
- Bensin och etanol är inga operativa alternativ för stridsfordon p.g.a. lättantändlighet.
- 2030 kör man sannolikt inte bensinmotor på gas, då finns det anpassade motorer.
- Elhybrider är idag tunga, vilket begränsar framkomligheten. De är dock tysta och ger lägre avgasutsläpp. Kan detta vara ett sätt att visa miljöhänsyn och därigenom vinna 'hearts and minds'? Det kräver en säkrad elproduktion, men el producerad med diesel ger en mindre miljövinst.
- Energiinnehåll per volymenhet är en viktig aspekt, dels vad gäller aktionsradie, men även för lagringsresurser. Även verkningsgraden på motorn måste beaktas. Att bygga drivmedelslager och sanera efteråt är väldigt resurskrävande. Renare bränslen kan även minska saneringskostnaderna.

Safety och security

- När det gäller militära insatser är det svårt att skilja på safety och security, de hänger ihop och man kan inte göra avkall på något.
- Militära styrkor måste ha 100 % egen förmåga, både initialt och över tiden, samt reservkapacitet. Det finns ofta inget driftsäkert på plats. Det är dyrt med inläsningar i vissa system, man ser hellre fältlösningar för att bibehålla den expeditionära förmågan.
- Sårbarhet i samband med transporter kan minskas genom ökad energieffektivitet och genom att utnyttja det som finns på plats.

Miljö

- Det är svårt att uttala sig om miljöparametern genom att enbart titta på det färdiga drivmedlet. Avgränsningsproblematiken bör hanteras och inkluderas i detta även effektiviteten i processen för att framställa drivmedlet.
- Det påpekades att flyg och energianvändning i fasta installationer på hemmaplan, som inte är med i studien, står för en stor del av Försvarsmaktens totala utsläpp.

Synergier mellan avfallshantering, energiproduktion och security

- Biogas från rötning av avfall är ett sätt att göra ett problem till en tillgång. Man kan driva en del av campen med detta. Beräkningar på insatsen i Sudan har visat att man hade kunnat spara 250 kubikmeter diesel med hjälp av sådan teknik.
- Mobila förbränningsanläggningar är ett alternativ till rötning. Man bör generellt titta på vad man har och göra det till en tillgång. Då det minskar avfallsproblematiken och behovet av energitillförsel, bidrar det till förbättrad security. Tyskarna i Afghanistan källsorterar och producerar energi som de sedan säljer. Detta anses ge ett visst skydd i form av vunna 'hearts and minds'.

Regler och teknik som begränsar

- 2030 finns kanske globala regler för utsläpp, som sätter begränsningar för energilösningarna. Man kan tvingas att ha finare motoralternativ, som endast klarar viss typ av bränsle. Det är stor skillnad mellan dieseltyper och alla motorer klarar inte alla typer av diesel, exempelvis p.g.a. höga svavelhalter. Även biodiesel (FAME) kan ge driftproblem. Det blir allt viktigare att veta exakt vad det är man tankar.
- De länder som har förhållandevis gamla fordon klarar förmodligen en insats i ett land med 'smutsig' diesel betydligt bättre med tanke på driftsäkerhet. Smutsigt bränsle skapar också problem vid drift med bränsleceller.
- Motorutveckling och bränsleproduktion går inte alltid hand i hand. Teknisk utveckling på motorsidan ligger i konflikt med operativa aspekter och detta kommer att accentueras. Man försöker i olika internationella försvarsmiljösamarbeten motarbeta detta.

Drivmedelsförsörjning

- Att ta med bränsle hemifrån har hittills bara använts för det initiala skedet, sedan sker försörjning oftast via NATO-system eller genom civil leverantör. Drivmedel till svenska campen i Afghanistan kommer från en civil, oskyddad leverantör. Det har förekommit attacker mot drivmedelstransporter och transportvägarna är få och dåliga, vilket gör drivmedelsförsörjningen väldigt känslig.
- NATO har som krav 14 DOS (days of supply) på förnödenhetsförsörjning för att klara tillfälliga stopp.
- En risk med att köpa på plats är att man kan anses lägga sig i konflikten och ta ställning. Man måste beakta detta i planeringen av upphandlingen (gäller all försörjning). Dessutom gäller LOU (Lagen om offentlig upphandling) – som princip följer svensk trupp alltid svensk lag.

Definierade standarder, enhetsbränsle och insatstypens betydelse för försörjningen

- Det är viktigt att jobba med definierade standarder. NATO:s Single Fuel Policy är en tydlig standard. Man inser att fotogen inte är ett modernt bränsle, men man måste kunna enas om ett alternativ. Det finns inga skäl att använda enhetsbränslet hemma, men vid insats krävs ensade försörjningslinor.
- Fischer-Tropsch är det man tror på för framtiden, men snarare ur ett tillgänglighetsperspektiv än av miljöhänsyn. Man måste slå fast en lösning och sen utveckla denna, parallellt med motorteknik.
- Vid FN-insats försörjs man med förnödenheter, dock gäller det inte vid EU- eller NATO-insats. Båda typerna av insats kräver ändå ett ensat energiförsörjningssystem. Man får driva påverkan mot en viss lösning på hemmaplan, men anpassa sig till vedertagna lösningar vid insats.

Olika och kompletterande lösningar beroende på insatsfas

- Principlösning 1 (med inslag av småskalig elproduktion) blir knappast snabbt deployerbart jämfört med de övriga. Det förutsätter även mer avancerad teknisk kunskap. Det kan däremot vara ett lämpligare alternativ senare i en uppbyggnadsfas, då man på ett annat sätt kan använda civil kompetens. Det kräver back-up, eftersom man inte alltid har tillgång till sol eller lämplig vind. Snarare kan det lokala elnätet utgöra basen till vilket man bidrar. Det krävs ett stillastående elverk som reserv.

- En lösning utesluter inte den andra, de kan finnas parallellt och komplettera varandra. Vid insatser som handlar om samhällsuppbyggnad blir fler och fler kommersiella alternativ tillgängliga, infrastrukturen stärks efter hand, vilket öppnar nya möjligheter. I permanenta camper kan kanske solceller och vindkraft vara en bra lösning.

Insatsmiljöns betydelse

- Förbränningsmotorn kräver kyla vid hög temperatur.
- Elverk far illa av damm, de har tidigare behövt förstärkas med filter i torra miljöer och det torde vara detsamma med fordon.
- Fukt slår ut elektroniken eftersom den leder ström och korrosionen ökar (exemplet Liberia).
- Bakterietillväxten i fossila flytande bränslen ökar med vatteninblandning och värme. Vatteninblandning i bränslet är ett problem som kan lösas genom bättre hantering.
- Värme ökar förgasningsförluster och gör att man kommer närmare flampunkten. Ett slutet bränslecellssystem skulle vara bättre, om inte flytande bränsle används till detta. Om gas ska användas krävs ändå slutna system.
- I kyla paraffineras diesel, vid temperaturväxlingar som i öknen ökar kondensen. Problemen med kallstart och bakterietillväxt är betydligt större med FAME, vilket innebär att inblandningen bör vara relativt låg.

7.2.2 Några generella slutsatser om framtida energilösningar

Fokus i kunskapssammanställningen (kapitel 6) och under workshopen om Försvarsmaktens framtida energilösningar var medvetet avgränsat till drivmedel och kraftförsörjning under internationell insats. Med detta sagt bör man vara medveten om att Försvarsmakten använder en stor del av sin energi i byggnader i Sverige. Ett annat område som inte behandlats är flygets energianvändning. Det är också viktigt att poängtera att oavsett vilket drivmedel eller energiråvara som används under en insats så är det främsta sättet att minska riskerna förknippade med energi att använda – och därmed vara beroende av – så lite energi som möjligt. Nyckelordet är följaktligen energieffektivisering – som inte bara avser förbättrad teknik och förändrade brukarbeteenden, utan också att tillvarata befintliga energiresurser, exempelvis i form av avfall.

Att kombinera kostnadseffektivitet, miljökrav och säkerhet kan innebära syner-gier. Att använda mindre energi, och dessutom kanske en större andel förnybar

energi, medför direkta kostnadsminskningar och indirekt en högre försörjningstrygghet – eftersom man inte blir beroende av lika stora flöden. Å andra sidan finns uppenbara konflikter. Miljökrav i absoluta termer (t.ex. gränser för utsläpp av vissa ämnen) kan fungera väl i ett välordnat Sverige men innebära säkerhetsproblem vid insatser, eller att insatsen inte går att genomföra eftersom Försvarsmaktens materiel (som då förutsätts vara 'godkänd' i Sverige) är förknippad med alltför stora operativa nackdelar. Skärpta miljö- och utsläppskrav inom samhällets sektorer i stort kan troligen förväntas. Visserligen kan delar av Försvarsmaktens verksamhet sannolikt komma att undantas från vissa regler, men det tar inte den allmänna samhälls- och teknikutvecklingen hänsyn till. Det är kostnadseffektivt att nyttja den teknologi som finns brett kommersiellt tillgänglig. Försvarsmakten bör därför inte gömma sig bakom defensiva argument utan istället redan nu analysera var målkonflikterna finns så att de kan undvikas och i möjligaste mån utnyttja synergier. Det är därför relevant att dels ta lärdom av andra försvarsmaktens energistrategier, dels etablera metodik för att göra sammanvägda avvägningar där miljökrav balanseras mot de speciella omständigheter och krav som förknippas med Försvarsmaktens verksamheter.

7.3 Avslutande diskussion och framtida forskning

Under den första fasen av projektet har breda, översiktliga analyser genomförts. Då tillgång till energi anses starkt förknippad med ekonomisk utveckling är det en fråga som ägnas stor uppmärksamhet. En växande världsbefolkning kommer ytterligare att förstärka konkurrensen om energitillgångarna. Vidare lyfts den potentiella konflikten mellan energisäkerhet och klimatsäkerhet fram – där konsekvenserna är som störst om de stora ekonomierna satsar på kol (utan att hantera koldioxidutsläppen) för att öka sin energisäkerhet. Det framgår tydligt av de omvärldsanalyser som gjorts att det framtida energisystemet och omställningen därtill på olika sätt kommer att kunna ha stor påverkan på framtida utrikes- och säkerhetspolitik.

En aspekt som har lyfts fram är förekomsten av s.k. 'hot-spots', där energiresurserna finns samlade och därmed tilldrar sig omvärldens intresse. Ett fortsatt beroende av fossila bränslen bidrar till fokus på befintliga regioner men även på nya områden som Arktis. Storskalig global produktion av bioenergi, vätgas eller kraftigt ökat nyttjande av flödande förnybara energikällor leda i olika riktningar utifrån ett säkerhetsperspektiv. Delvis avhängigt denna utveckling, var energiresurserna återfinns och vilket pris de betingar, kan klyftorna mellan fattiga och rika öka.

En annan aspekt är den splittrande kraft som självsvåldigt agerande för att försäkra sig om energitillgång kan innebära, inte minst för en organisation som EU. Olika medlemsländer har vitt skilda förutsättningar på energiområdet och kan därigenom känna sig tvingade att vidta kortsiktiga åtgärder. Detta kan underminera EU:s position som aktör vad gäller exempelvis internationella insatser. Vidare kan politisering och militarisering av energitillgångarna på vissa håll i världen påverka energisäkerheten på olika sätt beroende på om man har ett producent- eller konsumentperspektiv.

Workshopen om framtida insatsscenarier med energi- och/eller miljökoppling visar bl.a. att det i ett insatssammanhang är skillnad mellan att göra något helt nytt, respektive att göra något man redan har erfarenhet av men, kanske i en ny insatsmiljö, med nya samarbetspartners, under nya yttre förutsättningar eller andra omständigheter. Försvarsmakten är bra på att planera inför sådant man har redan har erfarenhet av, liksom sådant som kan anses som troliga händelser och utvecklingar. Detta gör att man kan komma att stå helt utan beredskap inför vissa typer av nya utmaningar. Framtida fokus bör å ena sidan ligga på de nya utmaningar som också innebär de största omställningarna – även om det i dagsläget kan vara svårt att bedöma sannolikheten för att detta skulle inträffa. Å andra sidan handlar det om att etablera system, metodiker och generisk kapacitet för att – på ett adaptivt och stegvist sätt – kunna integrera olika relevanta aspekter på en föränderlig omvärld i den långsiktiga planeringen, något som i viss mån också gäller Försvarsmaktens framtida energilösningar.

7.3.1 Preliminära delstudier i FoT-projekt Energisäkerhet 2009

Utifrån underlagen i denna rapport liksom de resultat som framkommit vid workshops i samarbete med Försvarsmakten, har fyra preliminära delområden identifierats för fördjupade studier i 2009 års projekt. Delstudie 1-3 genomförs huvudsakligen under våren 2009 och utgör underlag för syntesen som integreras med delstudie 4 under hösten 2009.

Delstudie 1: Analys av några försvarsmakters energi(säkerhets)strategier

De omvärldsanalyser som studerats i projektet under 2008 visar en relativt stor samstämmighet avseende vilka de viktiga förutsättningarna för världens energiförsörjning är, samt deras möjliga påverkan på säkerhetsläget. Studier har även genomförts avseende hur stora aktörer som USA, Kina, och EU m.fl. kan komma att förhålla sig till ändrade förutsättningar för energisäkerheten.

Studerar man istället de långsiktiga försvarsplaneringsdokument som summerats i kapitel 2, ser man att dessa i olika omfattning beaktar ovanstående utveckling, men det dras få slutsatser om vad som krävs i de egna leden för att anpassa sig

till denna delvis nya situation. Man kan således konstatera att det finns ett glapp mellan försvarsmaktsplanering, nationella energi(säkerhets)strategier samt framtida energitekniker, när det gäller att identifiera framtida förmågor och energilösningar för Försvarsmakten.

I en fördjupad studie undersöks därför hur energisäkerhetsfrågan behandlas på försvarsforsknings- och försvarsmaktsnivå av de större respektive med Sverige jämförbara nationerna. Den uttalade expeditionära inriktningen¹²³ för det svenska försvaret är relativt ny och man kan i detta hänseende få en viss draghjälp i utvecklingen däråt, genom att undersöka vilka avvägningar andra nationers försvarsmakter har gjort när det gäller energisäkerhetsstrategier, energilösningar och på vilka grunder dessa vilar. Även vad gäller interoperabilitetsaspekter kan en sådan genomgång vara av stort värde.

Delstudie 1 kommer alltså att studera om – och i så fall hur – andra nationer arbetat för att bryta ner omvärldsanalyser till energi(säkerhets)strategier på försvarsmaktsnivå, för att tillgodose sitt behov av förmågor kopplat till energi-problematik och energiförsörjning i framtiden. Detta skulle komplettera det arbete som under 2008 utförts avseende energisäkerhet för Försvarsmakten. Några frågeställningar att besvara är:

- Ser man behov av utveckling av nya förmågor och strategier till följd av energisäkerhetsproblematik?
- Vilka krav styr utformningen av energilösningar?
- Hur balanseras miljökrav, säkerhetskrav och kostnadseffektivitet?
- Är dessa strategier robusta och adaptiva utifrån de osäkerheter som råder kring omvärldsutvecklingen?
- Hur påverkas och beaktas samverkan med andra nationers försvarsmakter avseende energilösningar?

En analys av dessa faktorer och vad som är relevant för svenska förhållanden att beakta skulle tjäna som underlag för Försvarsmaktens långsiktiga planering avseende hur energisäkerhetsaspekter kan beaktas och vilka framtida energilösningar som kan vara aktuella.

Delstudie 2: Metodik för Försvarsmakten för att göra miljö- och säkerhetsbedömning av framtida energilösningar

Syftet med delstudie 2 är att ta fram en lämplig metodik för att göra övergripande bedömningar av framtida energilösningar, där hänsyn tas till både deras miljöprestanda och deras säkerhetsegenskaper.

¹²³ I korthet innebär denna att man ska klara allt från humanitära insatser till krig med hög effekt och klara försörjningen, även vid insatser långt bort.

Miljöprestanda inkluderar både direkta utsläpp av växthusgaser och andra föroreningar och resursaspekter som till exempel effektivt markutnyttjande när det gäller förnybara energislag.

Säkerhetsegenskaperna innefattar dels 'safety'-aspekter förknippat med bl.a:

- hantering,
- skydd (t.ex. explosionsrisker), och
- teknisk säkerhet,

dels 'security'-aspekter som t.ex:

- driftsäkerhet,
- operativa och taktiska aspekter, samt
- försörjningstrygghet.

Metodiken kommer att ta intryck från andra befintliga bedömningsramverk såsom strategisk miljöbedömning (SMB) och olika värderingsverktyg för teknikvärdering (Technology assessment). Förutom framtagande av metodiken kommer projektet att innehålla kortfattade exempel där metodiken testas på ett urval energilösningar i samverkan med personal från Försvarsmakten.

Delstudie 3: Energi och konflikter i ett säkerhetspolitiskt perspektiv

Energi kan användas som säkerhetspolitiskt vapen. Exempelvis är ett ryskt hot om att strypa gasleveranser till grannländer även ett indirekt hot mot EU, eftersom gasimporten sker via dessa länder. Inom loppet av 20 år kommer produktionen av olja och gas i EU (och Norge) att minska kraftigt eller helt upphöra.

Inte bara EU och USA är beroende av importerad energi. Även Kina och Indien är starkt importberoende för att kunna fortsätta den ekonomiska expansionen. Ett av framtidens stora säkerhetspolitiska dilemman kommer därför att kretsa kring frågan om tillgång till energi, där USA, EU, Kina, Indien och andra utvecklings-ekonomier kommer att utgöra kärnan. Med tanke på att oljans roll i framtiden sannolikt kommer att bli mindre, kommer gasens betydelse att öka, liksom andra alternativa energislag. Gasreserverna är koncentrerade på få platser i världen, t.ex. Centralasien, Nordafrika, Iran och Ryssland.

Denna säkerhetspolitiska delstudie fokuserar på den övergripande kopplingen mellan energi och säkerhet. Analyserna omfattar vad energifrågan samt behovet av energi i framtiden kommer att innebära för europeisk energiförsörjningstrygghet och säkerhetspolitik. Detta kan dels innebära nya uppgifter för Försvarsmakten för att värna om svenska och europeiska ekonomiska intressen,

dels fredsbevarande eller fredsframtvingande insatser i konflikter som beror på kampen om energiresurser. Exempel på frågeställningar att belysa i studien är följande:

- Ryssland som leverantör av energi i ljuset av Georgien-krisen och den senaste gaskonflikten med Ukraina. Kan Europa lita på Ryssland?
- Europa söker alternativa lösningar för att minska beroendet av Ryssland. Är Nordafrika och Centralasien rimliga alternativ? Hur kommer den logistiska aspekten att fungera?
- Iran har världens näst största gasreserv. Kan presidentvalet i Iran i mitten av 2009 öppna upp en politisk möjlighet för export av gas därifrån till Europa?
- Hur ser Kinas och USA:s framtida roller ut i den internationella energi- och säkerhetsordningen?
- Kan storskalig etablering av förnybara energilösningar innebära att militärt och säkerhetspolitiskt fokus skiftar mot andra regioner?

Syftet med delstudien är att ge Försvarmakten planeringsunderlag på kort och medellång sikt om säkerhetspolitiska aspekter och potentiella friktioner och konfliktrisker med energikoppling. Projektet kommer att bedrivas av en grupp säkerhetspolitiska analytiker med expertområden på olika regioner och länder.

Delstudie 4: Metodik för Försvarmakten att inkludera förändringar i den globala energi- och säkerhetsordningen i den långsiktiga planeringen

Hur påverkar energiomvärldsförändringarna Sverige (och Europa) och hur kan Försvarmakten hantera energifrågorna på ett adaptivt sätt i sin långsiktiga planering? Kontroll över naturresurser som t.ex. energi är en klassisk konfliktorsak och förändringar i den globala energiförsörjningen kan medföra ökad förekomst av konflikter och nya konflikttyper. Militärt och säkerhetspolitiskt fokus kan komma att förskjutas mot nya 'hot-spots', t.ex. Arktis, eller förstärkas mot befintliga oroshärdar. En ökad knapphet på energitillgångar innebär exempelvis ett ökat behov av samordning inom EU vad gäller utrikes-, säkerhets- och energipolitiken, men likväl kanske ökad förekomst av bilaterala avtal för att primärt säkra den egna energiförsörjningen. Vidare innebär teknikutvecklingen och framtida miljökrav förändrade förutsättningar för Försvarmaktens energiförsörjning.

Denna delstudie syftar till att etablera en metodik för att bygga upp Försvarmaktens egen generiska kapacitet för kunskapsinhämtning liksom hur kunskapsöverföring från FoU ska hanteras med syfte att integrera relevanta aspekter på en

föränderlig energiomvärld i den långsiktiga planeringen. En slutsats från 2008 års projekt är att framtida fokus bör sättas på de nya utmaningar som också innebär de största förändringarna – även om det i dagsläget kan vara svårt att bedöma deras sannolikhet. Det kan i ett framtidsperspektiv därför vara relevant att i vissa fall åtminstone delvis bredda Försvarmaktens nuvarande huvudsakliga inriktning mot internationella insatser och expeditionär kapacitet för att även framhålla territoriellt skydd. Det kan i detta sammanhang också vara fruktbart att nysansera Försvarmaktens uppgifter i termer av att försvara svenska (eller europeiska) ekonomiska intressen, säkerhetspolitiska intressen, respektive värdegrundsintressen (t.ex. mänskliga rättigheter).

Delstudie 4 kommer att integreras med syntesen där någon av delstudierna 1-3 utgör pilotfall på hur kunskap på lämpligt sätt kan överföras och integreras i Försvarmaktens långsiktiga planering. Metodiken kommer huvudsakligen att baseras på participativ scenarioanalys (i samverkan med Försvarmakten) och genomgå vetenskaplig granskning.

7.3.2 Slutord – reflektion om framtida energisäkerhetsforskning

Vissa förändringar på energiområdet kan upplevas som snabba. Det gäller i realiteten prisförändringar, men också den i högsta grad varierande synen om vad som blir framtidens frälsande lösning. Det finns just nu inte mycket som tyder på att enskildheter blir svaret utan snarare kombinationer. Vidare går faktiska förändringar på energiområden i praktiken långsamt. Inbyggt kapital i form av infrastruktur och andra långsiktiga investeringar är en förändringsbroms. Djupt rotade vanor, beteenden, normer och synen på vad som är möjligt och lämpligt är en annan. Därmed inte sagt att stora förändringar inte är troliga, vilket en tillbakablick på historien motbevisar med övertygande tydlighet. Men det tar som sagt tid och för att förstå och ha beredskap inför kommande förändringar – och för att kunna fatta lämpliga beslut därefter – är det viktigare att vidga perspektivet mot vad som är möjligt snarare än att ge sig på den mycket svåra uppgiften att försöka förutspå det mest sannolika. Den fossila energins miljö- och klimat-effekter, dess eventuella knapphet samt dess koncentration och ojämna fördelning är sammanflätade aspekter med stor säkerhetspolitisk relevans. Även övergången till förnybara energiformer kan bidra till maktförskjutningar och vara konfliktskapande.

Energifrågans vikt förväntas stärkas både avseende omvärldsförändringar i allmänhet och förutsättningar för Försvarmaktens verksamhet i synnerhet. Den försvarsinriktade energisäkerhetsforskningen bör på sikt (bortom 2010) utvecklas och organiseras enligt principen att energiframtids- och omvärldsanalyser

samverkar med forskning om Försvarmaktens egna energilösningar, men att inriktningarna bedrivs som separata projektområden, eftersom tidsperspektiv, samverkanspartners och mottagare av forskningen ofta är olika.

Omvärldsanalyserna bör ha ett utrikes- och säkerhetspolitiskt fokus på längre sikt, men betona Försvarmaktsspecifika utmaningar och krav på nya förmågor på medellång sikt. Naturliga samverkanspartners kan t.ex. vara omvärldsanalys- och metodprojektet FoRMA på FOI, Försvarmaktens perspektivplanering liksom MUST, Förvarsdepartementet, samt tillämpliga initiativ inom det europeiska försvarssamarbetet EDA.

Vad gäller Försvarmaktens egna energilösningar bör forskningen å ena sidan hantera både befintliga operativa krav och framtida utmaningar, å andra sidan både verksamhet i Sverige och vid internationella insatser, vilket kan kräva olika angreppssätt. Forskningen om alternativa energilösningar bör alltid gå hand i hand med forskning om energieffektivisering. Samverkan bör bl.a. ske med andra FoT-projekt, FMLOG, FMV, Fortifikationsverket, Energimyndigheten, liksom universitet och högskolor samt tillämplig industri.

Referenser

- Ahlvik, P., Brandberg, Å. (2001), Systemeffektivitet för alternativa drivmedel. Olika drivmedel och drivsystem/motorer i ett livscykelperspektiv. Ecotrafic R&D AB. Vägverkets publikationsnr. 2001:39
- AMFI Newsletter 4/2007, Advanced Motor Fuels Information, IEA – Advanced Motor Fuels, http://www.iea-amf.vtt.fi/news/amfinewsletter2007_4oct.pdf
- Atrax Energi AB (2007), Synthetic gasoline and diesel oil produced by Fischer-Tropsch Technology. A possibility for the future?, Björn Rehnlund, IEA/AMF Research Report, IEA/AMF Annex XXXI
- Belkin, P. (2008), The European Union's Energy Security Challenges, CRS Report RL33636, Foreign Affairs, Defense, and Trade Division, uppdaterad 30 januari 2008
- BIOFRAC (2006), Biofuels in the European Union – A vision for 2030 and beyond. Final Report EUR 22066. Biofuels Research Advisory Council, European Commission
- Biofuels barometer (2008), Systèmes Solaires, le journal des énergies renouvelables No 185-2008, EurObserv'ER
- Blinge, M. (2006), Alternativa drivmedel - Emissioner och energianvändning vid produktion. Rapport till NTM
- Bush, G. W. (2006), State of the Union, januari 2006, <http://www.whitehouse.gov/stateoftheunion/2006/energy/index.html>
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.-H., Ekvall, T. and Finnveden, G. (2006), Scenario types and scenario techniques - Towards a user's guide to scenarios. Futures, 38, 723-739
- CASS (2006), Understanding China's Energy Policy - Economic Growth and Energy Use, Fuel Diversity, Energy/Carbon Intensity, and International Cooperation, 20XX, bakgrundspapper till Stern Review on the Economics of Climate Change, Research Centre for Sustainable Development, Chinese Academy of Social Sciences
- Chemrec pressmeddelande (2008), Energy Agency grants Chemrec SEK 100 million for world's first renewable DME plant, April 2, 2008, <http://www.chemrec.se/Press%20Chemrec.aspx>

CNESP (2004), China's National Comprehensive Energy Strategy and Policy 2020, the China Sustainable Energy Program (CSEP) of Energy Foundation, <http://www.efchina.org/>

CHOREN (2008), Press Release
http://www.choren.com/en/choren_industries/information_press/press_releases/?nid=185)

Christoffersen, G. (2005), The Dilemmas of China's Energy Governance: Recentralization and Regional Cooperation, the China and Eurasia Forum Quarterly, Volym 3, nummer 3,
http://www.silkroadstudies.org/new/docs/CEF/Quarterly/November_2005/Gaye_Christoffersen.pdf

COM (2007a), Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius - The way ahead for 2020 and beyond, (COM 2007) 2 final, 2007-01-10

COM (2007b), An Energy Policy for Europe, (COM 2007) 1 final, 2007-01-10

COM (2006a), A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy. Commission of the European Communities, Green paper COM (2006) 105 Final

COM (2006b), World Energy Technology Outlook – 2050, European Commission, EUR 22038, 2006

COM (2006c), Towards a European Strategic Energy Technology Plan, COM (2006) 847 final

COM (2006d), An EU Strategy for Biofuels, Commission Communication of 8 February 2006 , 34 final - Official Journal C 67 of 18 March 2006

COM (2005), Biomass Action Plan. Communication from the Commission of 7 December 2005, 628 final - Official Journal C 49 of 28 February 2005

DCDC (Development, Concepts and Doctrine Centre), Global Strategic Trends, <http://www.dcdc-strategictrends.org.uk/viewdoc.aspx?doc=1>, nedladdad 070317

Ministère de la défense (2008), Défense et sécurité nationale – Le Livre Blanc, Volume 1, La Documentation française; Odile Jacob; ISBN 978-2-7381-2185-1

DoD (2006), Quadrennial Defense Review Report, Department of Defense, 2006, <http://www.defenselink.mil/qdr/report/Report20060203.pdf>

DoE (2007), On the Road to Energy Security, Implementing a cCmprehensive Energy Strategy: A Status Report, http://www.energy.gov/media/FINAL_8-14_DOE_booklet_copy_sep.pdf

DoE (2006), the 2006 Department of Energy Strategic Plan,
<http://www.energy.gov/about/strategicplan.htm>

Draft report to the European Council on energy security, 13827/08, Bryssel, 6 oktober 2008,
<http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/08/st13/st13827.en08.pdf>

Dreborg, K.H., och Johansson, J. (2008), "Omvärldsscenarioer för energiplaneringen i Finspång". Bilaga 3 i Finspång – ovanligt mycket energi, Finspångs kommun

Dreborg, K.H. (2004), Scenarios and structural uncertainty, doktorsavhandling, KTH

DS 2007:46 Säkerhet i samverkan, Försvarsberedningens omvärldsanalys

DTI (2007), Meeting the Energy Challenge, A White Paper on Energy, Department of Trade and Industry, <http://www.berr.gov.uk/files/file39387.pdf>

DTI (2006), The Energy Challenge, Department of Trade and Industry, The Energy Review 2006, cm 6887, <http://www.berr.gov.uk/files/file31890.pdf>

DTI (2003), Our energy future - creating a low carbon economy, DTI, URN 03/660 <http://www.berr.gov.uk/files/file10719.pdf>

EADS (2006), Analytical Evaluation of the Current Union/Multinational (EU/MN) Logistic Support Practices – Final Report, EDA 06-CAP-001

EDA (2006), An initial long-term vision for European defence capability and capacity needs, LTV – 3, SB MoDs Levi, 2006,
<http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l33238.htm>

Elforsk (2008), Teknikbevakning av bränslecellsområdet under 2007, Elforsk rapport 08:01, januari 2008, http://www.elforsk.se/varme/b_cell-underlag/Årsrapport%20BC%202007_final%20hemsidan%20rev%202008-04-22.pdf

Energimyndigheten (2006), Oljans ändlighet – Ett rörligt mål. En del av Energimyndighetens omvärldsanalys. ER 2006:21

Energimyndigheten (2008), Energiläget 2007

Energy Policy Act of 2005, an Act to ensure jobs for our future with secure, affordable, and reliable energy, http://fossil.energy.gov/epact/epact_final.pdf

Eriksson, E. A., and Weber, K. M. (2008), Adaptive Foresight: Navigating the complex landscape of policy strategies. Technological Forecasting & Social Change, 75, 462-482

- Ett säkert Europa i en bättre värld, en europeisk säkerhetsstrategi, 2003,
<http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cmsUpload/031208ESSIISV.pdf>
- EU (2003), Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport. Official Journal of the European Union L 123 of 17.05.2003
- EUCAR, CONCAWE och JRC (2007), Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Well-to-Wheels Report Version 2c, March 2007
- FMLOG (2007), FM Studie Förnybara drivmedel LOG 070702S (2008-01-21 14 541:800437)
- FMV (2004), Teknisk prognos för teknikområdet strömförsörjning, FMV, Stockholm
- FMV (2006), SingleFuelPolicy-SFP, Rapport (2006-10-10 51837/2006)
- FMV (2007), FM regleringsbrev, Rapport remissvar (2007-02-05 24740:3195/2007)
- Försvarshögskolan (2007), Strategic Yearbook 2007, China Rising, Reactions, Assessments and Strategic Consequences, Editors: Huldt, B., Kerttunen, M., Wallander, B., Ikegami, M., Huldt, S., 2007, ISBN 978-91-85401-89-5
- Försvarsmakten (2007a), skr 23 382: 63862, Ett hållbart försvar för framtida säkerhet, 2007-12-20
- Försvarsmakten (2007b), skr 23 382:68474, Försvarsmakten som säkerhetspolitiskt instrument – delrapport 2: Konsekvenser av olika militärstrategiska inriktningar, Rapport från perspektivplaneringen 2007, 2007-05-15
- Försvarsmakten (2005), skr H/S 23 383:82128, Konflikttyper till grund för fortsatt analys inom perspektivplaneringen, 2005-12-15
- Garibaldi, I. (2008), NATO and European Energy Security, European Outlook, nummer 1, mars 2008
- Gasföreningens hemsida (a), Fakta om energigas,
<http://www.gasforeningen.se/FaktaOmGas.aspx>
- Gasföreningens hemsida (b), Fakta om gasol,
<http://www.gasforeningen.se/FaktaOmGas.aspx>
- Giegerich, B. (2008), European Military Crisis Management, kapitel 2: National Ambitions and Performance, Adelphi Papers, volym 48, nummer 397, april 2008.

- Global Energy Security (2006), <http://en.g8russia.ru/docs/11.html>
- Görs, B. (2008), International Trade, Freedom of Capital, State Supervision, Expropriation, Overriding re-requirements of General Interest, Paper on open markets and security supply, JEL code K33
- Hansen, P., Pettersson, O. (2008), Högre kvalitet på rapsolja för tekniskt bruk, JTI Uppdragsrapport, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, <http://www.jti.se/uploads/jti/Uppdragsrapport-RME.pdf>
- Hirsch, R.L., Bezdek, R., Wendling, R. (2005), Peaking of World Oil Production: Impacts, Mitigation & Risk Management, US Department of Energy
- IA-HEV (2008), Outlook for hybrid and electric vehicles, International Energy Agency Implementing Agreement on Hybrid and Electric Vehicles, June 2008, <http://www.ieahev.org/hybrid.html>
- IAC (2007), Lighting the Way: Towards a Sustainable Energy Future, InterAcademy Council, 2007, <http://www.interacademycouncil.net/CMS/Reports/11840/12039.aspx?returnID=12161>
- IANGV (2007), Natural gas vehicle statistics. International Association for Natural gas Vehicles. <http://www.iangv.org/tools-resources/statistics.html>
- IEA (2008), Key World Energy Statistics 2008
- IEA Energy Technology Essentials (2007), Biofuel Production, January 2007. OECD/IEA
- IEA Energy Technology Essentials, (2007), Fuel Cells, April 2007. OECD/IEA
- IEA Energy Technology Essentials, (2007), Hydrogen Production & Distribution, April 2007. OECD/IEA
- IEA ETP (2008), Energy Technology Perspectives 2008 – Scenarios and Strategies to 2050, ISBN 978-92-64-04142-4, <http://www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=330>
- IEA ETP (2006), Energy Technology Perspectives 2006 – Scenarios and Strategies to 2050, ISBN 978-92-64-10982-X, www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/etp2006.pdf
- IEA WEO (2008), IEA World Energy Outlook 2008, ISBN 978-92-64-04560, www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=353
- IEA WEO (2007), IEA World Energy Outlook 2007: China and India Insights, ISBN 978-92-64-02730-5, www.iea.org/w/bookshop/add.aspx?id=319

IEA WEO (2006), IEA World Energy Outlook 2006

IFP (2007), Panorama. Biofuels Worldwide.

http://www.ifp.fr/IFP/en/events/panorama/IFP-Panorama07_05-Biocarburants_monde_VA.pdf

Institute for Security Studies (2006), The New Global Puzzle - What World for the EU in 2025?, http://www.iss.europa.eu/uploads/media/NGP_01.pdf

IPCC (2007), Climate Change 2007: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change

IVA (2003), Energiframsyn Sverige i Europa, samtliga slutrapporter kan laddas ner från <http://www.iva.se/templates/Page.aspx?id=272>

Kiesow, I. (2004), China's Quest for Energy: Impact upon Foreign and Security Policy, FOI--1371--SE

Kiesow, I. (2003), Energy in Asia: an Outline of Some Strategic Energy Issues in Asia, FOI-R--0739--SE

Lantmännen Energi (2008), Agrodiesel 15 – andra generationens dieselbränsle, Teknisk broschyr

Larsson, R.L. (2007), Tackling Dependency: EU and its Energy Security Challenges. FOI-R--2311--SE

Larsson, R.L. (2006), Rysslands energipolitik och pålitlighet som energileverantör: Risker och trender i ljuset av den rysk-ukrainska gaskonflikten 2005-2006. FOI-R--1905--SE

Lawrence Berkeley National Laboratory och National Renewable Energy Laboratory (2005), Evaluation of China's Energy Strategy Options, <http://china.lbl.gov/files/china.files/nesp.pdf>

Melander, A. och Holmgren, A. (2007), Högländsetanol, B1 Benchmarking teknologi, Internationella Handelshögskolan i Jönköping

the National Defense Strategy, Department of Defense, 2008, <http://www.defenselink.mil/pubs/2008NationalDefenseStrategy.pdf>

the National Security Strategy, the National Security Council, 2006 <http://www.whitehouse.gov/nsc/nss/2006/index.html>

the National Security Strategy of the United Kingdom: Security in an interdependent world, the Stationary Office 2008, ISBN 9780101729123, http://www.cabinetoffice.gov.uk/reports/national_security_strategy.aspx

- Naturvårdsverket (2007), Tvågradersmålet i sikte? – Scenarier för det svenska energi- och transportsystemet till år 2050, NV-rapport 5754
- Neste Oil (2007), Neste Oil and Stora Enso to join forces in biofuel development. Stock exchange release 16.3.2007.
<http://www.nesteoil.com/default.asp?path=1;41;540;1259;1261;7440;7846>
- Nylund, N. O., Aakko-Saksa, P. and Sipilä, K. (2008), Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles. VTT RESEARCH NOTES 2426
- the Obama-Biden comprehensive New Energy for America Plan (2008),
<http://my.barackobama.com/page/content/newenergy>
- Plan prospectif à 30 ans, 2005, Le Ministère de la Défense,
http://www.defense.gouv.fr/defense/enjeux_defense/politique_de_defense/objectifs_strategiques/synthese_du_plan_prospectif_a_30_ans
- Presidency conclusions of the Extraordinary European Council held in Brussels, 12594/08, 2008-02-09, <http://www.delukr.ec.europa.eu/page48679.html>
- Report of the National Energy Policy Development Group (2001), National Energy Policy, 2001, <http://www.whitehouse.gov/energy/National-Energy-Policy.pdf>
- RENEW (2008), Renewable Fuels for advanced Powertrains, final report 08-06-27, http://www.renew-fuel.com/fs_documents.php
- Robinson, J. (1990), "Futures Under Glass: A Recipe for People Who Hate to Predict" *Futures* 22:8, 820-842
- Ruck, A. (2007), Framtidens fordonsbränslen inom försvaret, Projekttrapport KTH
- Russ, P., Wiesenthal, T., van Regemorter, D., and Ciscar, J.C. (2007), Global Climate Policy Scenarios for 2030 and beyond, Analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Pathway Scenarios with the POLES and GEM-E3 models, JRC Reference Reports, IPTS (Institute for Prospective Technological Studies), Report EUR 23032 EN, 2007, ISBN 978-92-79-07553-7
- Securely into the future – Ministry of Defence Strategy 2025, 2006, ISBN 951-25-1694-2, <http://www.defmin.fi/index.phtml?l=en&s=318>
- Shell (2008), Shell energy scenarios to 2050, http://www-static.shell.com/static/aboutshell/downloads/our_strategy/shell_global_scenarios/shell_energy_scenarios_2050_2008.pdf

Solana, J. (2008), The External Energy Policy of the European Union, uttalande vid IFRI:s (the French Institute of International Relations) konferens, 1 februari 2008, Europeiska rådet S042/08

Solana, J. (2006), uttalande vid EU:s energikonferens "Towards an EU external energy policy", Bryssel, 20 november 2006, S324/06

SPI Oljeåret 2007 (2007), Svenska Petroleum Institutet,
http://www.spi.se/fprw/files/SPI_Oljearet_2007_v0821_LU.pdf

Sundberg, A. (2008), Ett maktskifte med konsekvenser? Fransk utrikes- och säkerhetspolitik under president Sarkozy, FOI Försvarsanalys, oktober 2008, FOI-R--2590--SE

Syntroleum Press Release (2007),
http://www.syntroleum.com/pr_individualpressrelease.aspx?NewsID=1039329

UNEP (2007), Global Environment Outlook: environment for development (GEO-4), UNEP, 2007, http://www.unep.org/geo/geo4/report/GEO-4_Report_Full_en.pdf

UNEP (2002), Global Environmental Outlook, Past, Present and Future Perspectives, UNEP, 2002, <http://www.unep.org/GEO/geo3/english/index.htm>

van der Heijden, K. (1996), Scenarios: The Art of Strategic Conversation, John Wiley & sons

WBCSD (2004), Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability. The Sustainable Mobility Project. World Business Council for Sustainable Development.
<http://www.wbcd.ch/templates/TemplateWBCSD2/layout.asp?type=p&MenuId=MjYz&doOpen=1&ClickMenu=LeftMenu>

WEC (2007), Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050, World Energy Council 2007, ISBN 0 946121 29 X,
www.worldenergy.org/publications/energy_policy_scenarios_to_2050/default.asp

Winstone, R., Bolton, P., and Gore, D. (2007), Energy Security. House of Commons Library, UK, Research paper 07/42

World Watch Institute & Center for American Progress (2006), American Energy. The Renewable Path to Energy Security.

www.hybridcars.com (2008), <http://www.hybridcars.com/shop-by-technology/hybrid>

Åkerman, J., Dreborg, K.H., Henriksson, G., Hunhammar, S., Höjer, M.,
Jonsson, D., Moberg, Å., och Steen, P. (2000), Destination framtiden – vägar
mot ett bärkraftigt transportsystem. Kommunikationsforskningsberedningen,
Stockholm

Bilagor

Bilaga 1: Insatsscenarier med bäring på energi och miljö – Underlag för workshop om Miljö, energi och säkerhet: nya utmaningar för Försvarsmakten

Scenario 1: Insats för att bygga fred i svårt splittrat samhälle

Bakgrund

Klimatförändringen har accelererat under 2010- och 2020-talen. Klimatproblematiken uppfattas allmänt som vår tids största fråga och det finns en betydande samsyn mellan USA, EU, Kina, Ryssland och Indien med flera. Det har blivit lättare att komma överens i FN om klimatanpassningsinsatser liksom om internationella insatser i konfliktområden. EU har också påverkat USA att pröva en mer proaktiv strategi gentemot terrorismen. Detta betyder att man försöker stödja utvecklingsprojekt i stater, där radikala islamistiska grupper rekryterar arbetslösa och frustrerade unga män. En sådan satsning under senare år är projekt i Sahara med solceller för produktion av vätegas som sedan kan säljas till Europa, men också användas av länderna själva.

Klimatförändringen har slagit hårt mot redan fattiga länder med stora miljöproblem. I Somalia har det politiska läget förvärrats ytterligare sedan början av 2000-talet, särskilt efter 2028. Den politiska fragmenteringen är stor och ingen gruppering är i närheten av att kontrollera landet. Grannländer har intervenerat av och till, men utan att lyckas stabilisera läget för någon längre tid. Landet är mycket fattigt och saknar i stor utsträckning naturresurser. Klimatförändringen har också förvärrat läget med torka och ökad ökenutbredning som följd. Landet är i skriande behov av fred och utvecklingsarbete.

Akut kris

Den minskande tillgången på mark leder 2030 till ett större utbrott av brutalitet där bofasta brukare av jorden mördas och fördrivs av nomadiserande klaner. Regimen i Mogadishu förmår inte hantera situationen och FN:s säkerhetsråd behandlar krisen och kommer fram till att man måste ingripa. Befolkningen behöver skyddas och säkerhetsläget stabiliseras. Regimen i Mogadishu accepterar, dock motvilligt, FN-insatsen. Landet har så länge plågats av politisk splittring, våld och underutveckling att FN nu finner det nödvändigt att försöka främja en stadigvarande förbättring. Insatsen syftar därför längre än enbart till att skilja stridande åt och att underlätta humanitärt bistånd. Man vill också bidra till att utveckla stabila institutioner och på

sikt ett fungerande samhälle med demokratiska styresformer. Detta förutsätter ett långsiktigt engagemang och en integrerad insats av militära och civila organisationer. Sverige ställer upp med militära enheter liksom med civilförsvarsenheter och sjukvårdsresurser och förbinder sig att stanna under längre tid. I övrigt finns en rad länder med och Kina medverkar med en större kontingent. Sverige kommer att samverka med kineserna inom samma region. De olika militanta grupperna ser inte FN-styrkorna som hjälpare utan som ännu en fiende. Vägbomber, självmordsattacker och kidnappningar förekommer från flera håll.

Problemet för det långsiktiga fredsarbetet och institutionsbyggandet är att hitta en part eller koalition att liera sig med. Den sittande regeringen, som för övrigt har svag kontroll, ser inte som sitt ansvar att värna hela befolkningens välfärd utan är främst inriktad på att främja de grupper som utgör dess stöd. Liknande inställning har de flesta andra grupperingar. En öppning kan möjligen vara behovet att hantera gemensamma miljöproblem (vatten och land). En idé är att försöka genomföra ett vätgasprojekt även i Somalia. Det skulle ge landet långsiktig tillgång till energi och möjligheter till exportintäkter. En del grupper tror inte att de skulle tjäna på detta, utan ser det mer som ett försök av Europa att gynna sina intressen. Detta visar att i det uppbyggande arbetet är det en stor utmaning att förstå de olika gruppernas föreställningsvärld och tolkning av konfliktläget, liksom deras syn på miljöproblemets roll i sammanhanget.

Exempel på frågeställningar

- Vilka krav ställer insatsens långsiktiga mål på Sverige när det gäller t.ex. civil-militär samverkan och förståelse av den kulturella aspekten och miljöfrågans roll?
- Vilka krav på interoperabilitet ställer samverkan med kinesisk militär?

Scenario 2: Arktis – konflikt kring rätten att utvinna olja och gas i oreglerade områden

Bakgrund

Under de två senaste decennierna (2010-2030) har klimatförändringens kostnader börjat tynga världsekonomin. Kampen om framför allt energiresurser har hårdnat och stora stater agerar kraftfullt för att främja egna intressen. FN har samtidigt blivit försvagat och har fått allt svårare att enas kring åtgärder för att lösa konflikter. Klimatförändringen har accelererat genom att metangas frigörs från Sibiriens tundror och Norra ishavets botten. Effekterna märks särskilt i Arktis, där det till stora delar är isfritt 2025. Nya strategiska farleder har blivit tillgängliga norr om Sibirien och Kanada. Det står då också klart att det finns stora tillgångar av olja och gas under havsbotten. Även om utvinning och användning av dessa resurser kommer att spå på växthuseffekten, så tvekar inte de länder som har rättigheter i området att exploatera tillgångarna. Därigenom hoppas man kunna återfå en starkare ekonomisk utveckling. USA, Kanada, Danmark, Norge och Ryssland har alla rätt till delar av Arktisområdet. Vissa delar är oreglerade och omstridda, speciellt mellan Norge och Ryssland. De fem länderna med intressen i området har alla påbörjat provborrningar inom sina

zoner år 2030. Både Norge och Ryssland har uppfattningen att ett omstritt område norr om Spetsbergen är särskilt lovande.

Incident och konflikt

När Norge under sommaren 2030 börjar bogsera en oljeplattform mot farvattnen norr om Spetsbergen med det uppenbara syftet att inleda provborrningar i den omstridda zonen, går ryska marina enheter ut och blockerar transporten. Norge protesterar i en kraftfull diplomatisk not och försöker få FN att ta upp frågan. I säkerhetsrådet kan man dock inte enas om hanteringen. Ryssland misstror USA som har egna intressen i Arktis och dessutom är både USA och Norge NATO-medlemmar. Därför blockeras ett amerikanskt resolutionsförslag. I detta läge börjar EU bedriva en mycket aktiv och till stor del tyst diplomati. Efter förhandlingar bakom lyckta dörrar enas Norge och Ryssland om att acceptera en övervakningsstyrka från Sverige och Frankrike i den omstridda zonen, med tanken att skapa lugn under en period av förhandlingar kring de ekonomiska rättigheterna i området. Sverige och Frankrike accepterar uppdraget.

Exempel på frågeställningar:

- Vad ställer detta fall för krav på svensk materiel och svensk utbildning jämfört med idag?
- Innebär samverkan med franska enheter några nya krav på interoperabilitet? I så fall vilka?
- Skulle situationen ändras på något väsentligt sätt om konflikten gällde omstridda områden i Barents hav istället för norr om Spetsbergen? Hur?

Scenario 3: Skydd av infrastruktur i f.d. Sovjetrepublik

Bakgrund

Den globala konkurrensen om energiresurser har de senaste decennierna (2010-2030) hårdnat. Landet X-stan är en f.d. Sovjetrepublik i Centralasien/Kaukasusregionen med stora olje- och gastillgångar. X-stan lider trots det av utbredd fattigdom och arbetslöshet eftersom vinsterna går till ett fåtal. Kärnkraftsatsningar runt om i världen för att diversifiera energikällorna har medfört att också uranfyndigheterna bidragit med betydande inkomster till X-stan. Dessutom har man ett stort lager för uttjänt kärnbränsle från olika delar av världen. Europa har naturgasintressen i regionen och EU har tillsammans med USA finansierat en gasledning som går till Medelhavet via bl.a. Turkiet. Även Kina har energiinvesteringar och intressen i strategisk infrastruktur i regionen.

I X-stan finns en mängd olika etniska grupper, delvis till följd av de sovjetiska deportationerna under 1900-talet. Den största minoritetsbefolkningen (ca 30 %) är ryssar.

Landet brottas med svåra miljö- och hälsoproblem. Då X-stan var en del av Sovjetunionen användes vissa områden för kärnvapentester och dumpning av giftigt avfall. Vattenbristen är påtaglig och stora områden är uttorkade – där hälsofarligt damm med kemiska miljögifter blåser runt. Befolkningen i regionen uppvisar hög disponi-

bilitet för infektionssjukdomar (t.ex. TBC) och cancer (t.ex. leukemi). I vissa områden är odlingsbara jorden är i stor utsträckning utarmad och de socioekonomiska konsekvenserna till följd av detta är påtagliga.

Landets ambitioner att frigöra sig från ryskt inflytande har medfört spänningar dels länderna emellan, dels mellan den ryska minoriteten, regeringen och övriga etniska grupper. Ryssland betraktar X-stan som en del av sin intressesfär, särskilt med tanke på den relativt stora rysktalande befolkningen. De stora sociala orättvisorna har också bidragit till ökad aktivitet hos – och ökad rekrytering till – olika former av minoritetsmiliser och andra paramilitära grupperingar, vars inflytande ökar bl.a. med bistånd från bl.a. Ryssland, andra stormakter och sponsorer med religiösa motiv.

Situationen

I oktober 2029 närmar sig X-stan inbördeskrig. Regeringen håller på att tappa kontrollen i landet och man begär hjälp av FN i hopp om att återfå stabilitet. Då har redan ryska styrkor i begränsad omfattning intervenerat i landets norra delar (där en stor del av den rysktalande minoriteten bor). Trots att FN:s säkerhetsråd är splittrat p.g.a. de olika intressena i regionen, lyckas man till slut enas om en fredsbevarande insats bestående av svenska, sydafrikanska och argentinska trupper (utan direkta egna intressen i X-stan) i de mellersta och södra delarna av landet. FN-beslutet är en kompromiss som delvis ger de ryska styrkorna status som fredsbevarande landets norra delar. EU är passivt och hindras att tala med gemensam röst då vissa medlemsländer förefaller ovilliga att gå emot de ryska ståndpunkterna.

Olje- och gasledningar inom och från regionen är prioriterade mål för attacker. En central uppgift för den svenska styrkan är att skydda infrastruktur, produktionsanläggningar och andra samhällsviktiga funktioner. Detta är viktigt för civilbefolkningens omedelbara säkerhet men också eftersom X-stan är beroende av sina olje- och gasinkomster (dessutom påverkas energiförsörjningstryggheten i bl.a. Europa). Även anläggningarna för uranbrytning och förvaring av kärnbränsle är skyddsobjekt, dels för att attentat kan innebära svåra lokala miljö- och hälsoproblem, dels för att kärnmaterialet kan vara åtråvärt för terrorister.

Exempel på frågeställningar:

- Nya krav på kompetens, förmågor och utrustning för att lösa uppgifterna? Exempelvis skillnad att skydda 'punkt'-anläggningar, resp. utsträckt ledningsinfrastruktur?
- Nya krav på kompetens, förmågor och utrustning för att skydda egen personal mot smittorisk och miljörelaterade hälsorisker?
- Vad innebär förekomsten av uttjänt kärnbränsle, kärnbränsleproduktion och radioaktiv nedsmutsning för särskilda utmaningar för insatsen?

Scenario 4: Internationell insats i megastad

Bakgrund

Klimatförändringen har de senaste decennierna accelererat p.g.a. växande utsläpp av metangas från den Sibiriska tundran och från Norra ishavet. Klimatanpassning har därför allmänt kommit att uppfattas som vår tids stora fråga och detta har lett till att de stora ekonomierna och de militära stormakterna kommit att närma sig varandra. FN har stärkts och det har blivit lättare att hitta en gemensam linje i samband med klimatanpassningsåtgärder, men också i samband med internationella insatser för konflikthantering.

Fortfarande är den politiska och humanitära situationen kaotisk i flera delar av Afrika. I Nigeria har 'peak oil' passerats, och de minskande intäkterna från olja och gas har försvagat regimen som är under ständig press från upproriska folkgrupper. Dessa är förbittrade över den enorma miljöförstöring som följt i oljeutvinningens spår och att vinsterna endast gått till den politiska eliten och de utländska oljebolagen. Sabotage mot oljeanläggningar och pipelines och väpnade attacker och kidnappningar riktade mot exploatörerna förekommer alltmer. Oppositionen är dock starkt splittrad på olika etniska och religiösa grupper. Den politiska kartan är synnerligen splittrad. En islamistisk gruppering är mycket aktiv i att rekrytera anhängare bland Lagos fattiga och arbetslösa befolkning i de vidsträckta slumområdena. Det börjar växa fram en stadsgerilla som riktar attacker mot polis och militära anläggningar, men också mot utländska intressen i de rikare delarna av staden. Till detta läggs klimatförändringarnas effekter i form av översvämningar i Nigers floddelta som leder till skador på olje- och gasanläggningarna och förvärrar en redan svår miljösituation.

Akut kris

Situationen med ökande våld och minskad förmåga till kontroll från regeringens sida upplevs som så akut att regeringen begär hjälp av FN med att stabilisera läget och skapa utrymme för förhandlingar. FN beslutar om en insats och Sverige har åtagit sig att medverka. Civilbefolkningen ska ges skydd mot väpnade angrepp och trakasserier från regimen sida eller från andra etniska och religiösa grupperingar. Anläggningar för utvinning av olja och gas ska bevakas och den personal som arbetar där ska skyddas. En viktig uppgift är också att försöka stabilisera läget i Lagos och det är här den svenska kontingenten ska verka. Detta innebär en formidabel utmaning i jättestaden med uppskattningsvis 15 miljoner invånare 2030. Vatten- och avloppssystemet har mycket begränsad kapacitet, transportsituationen i staden är kaotisk, risken för epidemier är ständigt överhängande.

Exempel på frågeställning

Vilka nya krav på FM ställer insatsen i en megastad på utrustning, utbildning och logistikfunktionen m.m. för att man ska kunna lösa uppgiften och klara sin försörjning, hälsa och avfallshantering m.m?

Bilaga 2: En översikt över alternativa drivmedel – Underlag till workshop om Försvarsmaktens framtida energilösningar

Kemisk struktur	Dieselliknande drivmedel			Bensin och alkoholer			Gasformiga drivmedel		
	Diesel (Mk1)	Biodiesel	Hydrerade biooljor	Ft-diesel	Etanol	Metanol	DME	Meengas	LPG
Aggregationsklass (NTP)	Kolväten C ₁₀ till C ₂₇	Kolväten C ₁₀ till C ₂₇ (ettisyror (80-99 % alkaner))	Kolväten C ₁₀ till C ₂₇ (ettisyror (80-99 % alkaner))	Kolväten C ₁₀ till C ₂₇	C ₂ -H ₅ -OH	CH ₃ -OH	CH ₃ OCH ₃	CH ₄ (80-99%)	C ₃ H ₈ (huvudsakl.) och C ₄ H ₁₀
Oxental (RON)	53	53	53	53	108	108	108	108	108
Jämförelse energidensitet (% av bensin, MJ/l)	115%	108% (RME)	108%	108%	66%	49%	61%	69% (LNG) 73% (CNG)	29% (Fjärrvärm) 7% (250 bar)
Lämpig motorteknik	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Ört (modif. Diesel)	Ört (modif. Diesel)	Diesel	Ört	Ört
Inblandning i dieselbensin	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Bensin	Bensin	Nej	Nej	Nej
Huvudsakliga råvaror	Fossila Råolja	Vegetabiliska oljor såsom rapsolja palmolja, solgärnolja (även animaliska fetter)	Vegetabiliska oljor och animaliska fetter	Fossila CTL - kol CTL - kol CTL - naturgas CTL - lignocellulosa	Biogas vete, sockerbetor Framtid - lignocellulosa	Fossila vete, sockerbetor Framtid - lignocellulosa	Fossila Framtid - lignocellulosa	Fossila vete, sockerbetor Framtid - lignocellulosa	Fossila vete, sockerbetor Framtid - lignocellulosa
Infrastruktur och lagring	Befintlig	Går använda i befintlig infrastruktur	Går använda i befintlig infrastruktur	Går använda i befintlig infrastruktur	Små förändringar av infrastruktur	Små förändringar av infrastruktur	Små förändringar av infrastruktur	Små förändringar av infrastruktur	Små förändringar av infrastruktur
Status: produktion och användning som drivmedel	Kommersiell	Kommersiell	Kommersiell	Kommersiell	Kommersiell	Kommersiell	Kommersiell	Kommersiell	Kommersiell
Antal fordon	330 miljoner	330 miljoner	330 miljoner	330 miljoner	330 miljoner	330 miljoner	330 miljoner	330 miljoner	330 miljoner
Typ av fordon inom transportsektorn	Alle fordon	Alle fordon	Alle fordon	Alle fordon	Alle fordon	Alle fordon	Alle fordon	Alle fordon	Alle fordon

Bilaga 3: Skissartade insatsscenarier med fokus på logistik – Underlag till workshop om Försvarsmaktens framtida energilösningar

Föreliggande scenarier är hämtade från FM-studien *Förnybara drivmedel* (LOG 070702S, 2007). Även om det inte förekommer explicita referenser har två huvudsakliga källor använts som stöd för detta avsnitt, den ena är informella samtal med experter med kunskap om perspektivplanering, och den andra är en analysstödande rapport rörande logistik vid insatser som tagits fram av EADS.¹²⁴

Scenarierna kan i detta sammanhang användas för att på ett skissartat sätt understryka olika typer av förutsättningar avseende a) typ av konflikt/uppgift och b) geografi. Eftersom insatsscenarierna är explorativa har variationen snarare än sannolikheten prioriterats. Två huvudsakliga lösningar har dessutom varit att drivmedlet antingen medförs alternativt anskaffas lokalt eller regionalt. Vikten hos dessa lösningar understryks av att i Sveriges hittillsvarande insatser, t.ex. på Balkan och i Afghanistan, har båda dessa använts. Eftersom scenarierna inte handlar om specifika fall, utan snarast illustrerar en spännvidd av frågor, är även de säkerhets- och säkerhetspolitiska aspekterna av sådan karaktär att de är möjliga snarare än sannolika.

Scenario 1 – mitt i Afrika

Insatsen initieras av behovet av humanitärt stöd (flyktingar, svältrisk) till civilbefolkning och är av det fredsframtvingande slaget. Konflikten är till sin karaktär lokal men varierar från låg- till medelintensiv. Aktörerna utgörs av olika milis- och rebellgrupperingar samt regeringsstyrkor med varierande konfliktmotiv (kontroll över naturtillgångar, etniska motsättningar, politisk makt och inflytande lokalt liksom nationellt).

De geografiska förutsättningarna gör att insatsstyrkan inte kan logistikförsörjas sjövägen via hamnar (land-locked). Personal och utrustning måste flygas in och det finns två alternativa försörjningsvägar; att flyga direkt in till insatsområdet eller att flyga till ett närliggande 'säkert' område och därefter företa marktransport in till insatsområdet.

Två faktorer avgör val av försörjningsled. För det första, när konflikten tillfälligtvis ökar i intensitet kan det å ena sidan innebära ökade risker för attacker mot marktransporter, men å andra sidan också beskjutning mot flyg in till insatsområdet med handburet luftvärn. För det andra, vägar i och in till insatsområdet är bristfälliga och under regnsäsongen ofta helt ofarbara. Ibland förekommer också dygnsvisa variationer där de intensiva eftermiddagsregnen gör vägar (och terräng) i stort sett ofarbara tills de torkat upp till nästa förmiddag för att sedan återigen bli obrukbara på eftermiddagen. I övrigt är miljön en blandning av djungel, skogar och träskområden samt stäppområden (där de flesta vägarna finns). Klimatet är överlag fuktigt.

¹²⁴ EADS (2006): "Analytical Evaluation of the Current Union/Multinational (EU/MN) Logistic Support Practices – Final Report", EDA 06-CAP-001

Scenario 2 – i Mellanöstern

Insatsen förutsätts vara en kombination av fredsframtvingande och fredsbevarande, där den sistnämnda främst handlar om skydd av civilbefolkning och infrastruktur samt stödjande av lokal institutionell uppbyggnad. Hamn- och flygplatskapaciteten är god men förmåga att företa långa marktransporter är viktig, där miljön är torr, sandig och varm men inte särskilt kuperad.

Av skydds- och säkerhetsskäl använder insatsstyrkan bara ett fåtal införselnoder till regionen. Väginfrastrukturen är förhållandevis god och lokala kontrakterade distributörer används i viss utsträckning för livsmedel- och drivmedelsförsörjning.

Förutom deltagande länder i insatsstyrkan är aktörerna små och delvis sammankopplade terroristgrupperingar samt regeringsstyrkor. Indirekta, men betydelsefulla, aktörer är också grannländer i regionen. Konflikten intensitet varierar kraftigt beroende på enskilda händelser snarare än generell utveckling och detta i kombination med att insatsområdet är förhållandevis stort – samtidigt som det inte existerar några egentliga 'slagfält' – ställer höga krav på långa och snabba förflyttningar samt omställningsförmåga (från uppgifter av mer eller mindre polisiär karaktär till rena stridsuppdrag).

Insatsuppdragets varierande karaktär implicerar behovet av olika slags utrustning och fordon (för att lösa olika slags uppgifter). Under vissa perioder beror energitillförseln inte bara av förflyttningarna i sig utan också för kylanläggningar och fläktar.

Scenario 3 – i Centralasien

Scenario 3 utspelar sig i Centralasien med omnejd. Insatsen förutsätts främst vara av det fredsbevarande slaget men påminner avseende intensitetsvariation och aktörer om scenario 2 i Mellanöstern. En viktig skillnad är dock närheten till indirekta aktörer i form av stormakter.

Insatsområdet ligger långt från havet vilket utesluter sjöväg via hamnar som försörjningsled (land-locked). Flyg in i insatsområdet eller till närliggande område (med efterföljande marktransport) är liksom i scenario 1 de enda tillgängliga alternativen. Terrängen går från lätt kuperad till bergig till otillgänglig och ofta råder extrem kyla vintertid – vilket kan innebära att vissa områden blir helt otillgängliga medan andra avskärs från varandra eftersom vägarna över bergsmassiv blir ofarbara. Dessutom förekommer stora temperaturväxlingar mellan natt och dag samt stora temperaturvariationer beroende på höjd (bergsområden resp. dalgångar), vilket kan innebära problem för såväl fordon som övrig utrustning. Energitillförseln vintertid är alltså viktig inte bara i förflyttningshänseende utan även för uppvärmning av personal och för att försäkra god funktionalitet hos utrustning och fordon.

Bilaga 4: Urval av energipublikationer av FOI-forskare

Bogren E. (1986), Funktionen värme/energi i kris och krig. FOA D 10046

Carlsson-Kanyama, A. et al. (2007), Perspektiv på energisäkerhet. FOI-R--2250-SE

Carlsson-Kanyama, A. and Lindén, A.-L. (2007), "Energy efficiency in residences – Challenges for women and men in the North", Energy Policy 35(4), 2163-2172

Carlsson-Kanyama, A. (2006), Värderingar och trender. En kunskapssammanställning. Elforsk rapport 06:55

Carlsson-Kanyama, A. et al. (2005), "Indirect and direct energy requirements of city households in Sweden- options for reduction, lessons from modelling", International Journal of Industrial Ecology, 9 (1-2) 221-235

Carlsson-Kanyama, A. et al. (2005), "Residential energy behaviour: does generation matter?", International Journal of Consumer Studies, 29 (3) 239-253.

Carlsson-Kanyama A. (2004), "Energi, konsumtion och livsstil: lärdomar under det senaste decenniet, utmaningar inför framtiden", i Blucher G. och Graninger G. (red.), Krävs energi i samhällsplaneringen? - En antologi. Stiftelsen Vadstena Forum för samhällsbyggande

Dreborg, K.H., Johansson, J. (2008), "Omvärdldsscenarioer för energiplaneringen i Finspång", Bilaga 3 i Finspång – ovanligt mycket energi, Finspångs kommun

Fischer, G. & Molin, S. (2001), Elavbrotten i Auckland. FOI-R--0102--SE

Finnveden, G. et al. (2003), "Strategic Environmental Assessment Methodologies – Applications within the Energy Sector", Environmental Impact Assessment Review, 23, 91-123

Frost, C. et al. (2004), Acceptabla elavbrott? Fyra strategier för säker elförsörjning. FOI-R--1163--SE

Frost, C. (2002), Befintligt bostadsbestånd och en bedömning av beståndets förnyelse till år 2050 samt dess energianvändning. FOI-R--0255--SE

Holmgren, Å. J. et al. (2007), "Evaluating Strategies for defending electric power networks against antagonistic attacks", IEEE Transactions on Power Systems, 22, 76-84

- Holmgren, Å. J. (2007), "A framework for vulnerability assessment of electric power systems", in: Murray, A. and Grubescic, T. (eds.), *Critical infrastructure: reliability and vulnerability*. Springer-Verlag, Berlin.
- Holmgren, Å. J. (2006), "Using graph models to analyze the vulnerability of electric power networks", *Risk Analysis* 26, pp. 955-969.
- Holmgren, Å. J. (2005), *Risk analysis of infrastructure systems: different approaches for risk analysis of electric power systems*. Technical report. Center for Risk and Economic Analysis of Terrorism Events (CREATE), and the Institute for Civil Infrastructure Systems (ICIS) at New York University, New York.
- Johansson, B. (2006), "Climate Policy and Industry-Effects and Potential Responses in the Swedish Context", *Energy Policy*, 34 (15), 2344-2360
- Johansson, B. et al. (2002), *The Use of Biomass in Sweden. Critical Factors and Lessons Learned*, EEES Report 25, Environmental and Energy Systems Studies, Lund University
- Johansson, B. and Åhman M. (2002), "A comparison of technologies for carbon-neutral passenger transport", *Transportation Research D*, 7, 175-196
- Johansson, B. and Mårtensson A. (2000), "Energy and environmental costs for electric vehicles using CO₂ neutral electricity in Sweden", *Energy*, 25, 777-792
- Johansson, B. (1999), "The economy of alternative fuels when including the cost of air pollution", *Transportation Research D*, 4, 91-108
- Johansson, J. et al. (2004), *Strategisk miljöbedömning i Försvarsdepartementets beslutsprocesser*. FOI-R--1434--SE
- Johansson, J. et al. (2004). *Strategisk miljöbedömning inom energisektorn. Rapport till Statens Energimyndighet*. TRITA-INFRA-FMS 2004:3
- Jonsson, D.K., Gustafsson, S. and Wangel, J. (2008), "Energy at your service - highlighting the user-side of the energy systems", *Conference proceedings: Advances in Energy Studies – Towards a holistic approach based on science and humanity in Graz, Austria*
- Jonsson, D.K. (2007), "Indirect energy associated with Swedish road transport", *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 7(3), 183-200
- Jonsson, D.K. and Lohmander, S. (2007), "Waste and used nuclear fuel: Conflict aspects and risks", in Edström, H. and Wiss, Å. (eds.), *International Trends Analysis: Yearbook 2007*. FOI-R--2361--SE.

- Jonsson, D.K. et al. (2006), Bedömning av inverkan på transporter och energi i Statens offentliga utredningar. Naturvårdsverket, rapport 5606
- Jonsson, D.K. (2005), Indirekt energi för svenska väg- och järnvägstransporter – Ett nationellt perspektiv samt fallstudier av Botniabanan och Södra Länken. FOI-R--1557--SE.
- Jonsson, D.K, et al. (2000), Infrasytemens dynamik – om sociotekniska förändringsprocesser och hållbar utveckling. FOA och KTH
- Kiesow, I. (2004), China's Quest for Energy: Impact upon Foreign and Security Policy. FOI--1371--SE
- Kiesow, I. (2003), Energy in Asia: an Outline of Some Strategic Energy Issues in Asia. FOI-R--0739--SE
- Larsson, R.L. (2008), Energikontroll: Kreml, Gazprom och rysk energipolitik. FOI-R--2445--SE
- Larsson, R.L. (2007), Tackling Dependency: EU and its Energy Security Challenges. FOI-R--2311--SE
- Larsson, R.L. (2007), Nord Stream, Sweden and Baltic Sea Security. FOI-R--2251--SE
- Larsson, R.L. (2006), Energisäkerhet: Sveriges och Europas beroende av importerade energibärare. FOI-R--2092--SE
- Larsson, R.L. (2006), Rysslands energipolitik och pålitlighet som energileverantör: Risker och trender i ljuset av den rysk-ukrainska gaskonflikten 2005-2006, FOI-R--1905--SE
- Larsson, R.L. (2006), Sweden and the NEGP: A Pilot Study of the North European Gas Pipeline and Sweden's Dependence on Russian Energy, FOI-R--1984--SE
- Leijonhielm, J. and Larsson, R.L. (2004), Russia's Strategic Commodities: Energy and Metals as Security Levers. FOI-R--1346--SE.
- Magnusson, R. (2002), The Influence of Fuel and Lubricant on Exhaust Emissions from Small Two-Stroke Spark-Ignition Engines, Doktorsavhandling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå
- Magnusson, R. et al (2002), "Emissions of Aldehydes and Ketones from a Two-stroke Engine Using Ethanol and Ethanol-Blended Gasoline as Fuel", Environmental Science & Technology, 36, 1656-1664

Magnusson, R. et al. (2000), "Effect of Gasoline and Lubricant on Emissions and Mutagenicity of Particles and Semivolatiles in Chain Saw Exhaust", Environmental Science & Technology, 34, 2918-2924

Magnusson, R. et al (2000), "Determination of chemical composition and mutagenicity in particles from chainsaw exhaust. Experimental set-up, stability and results from two different fuels", Environmental Technology, 21, 819-829

Räty, R. och Carlsson-Kanyama, A. (2007), Energi- och koldioxidintensiteter för 319 varor och tjänster. FOI-R--2225--SE

Steen P. et al. (1981), Energi - till vad och hur mycket?, DFE-rapport nr 39