

Bengt Johansson, Daniel K Jonsson

Beredskap i framtida energisystem

En analys med utgångspunkt i Energimyndighetens "Fyra framtider"

Bild/Cover: Öæ å |SÅ } •• [}

Titel	Beredskap i framtida energisystem
Title	Preparedness in future energy systems
Rapportnr	FOI-R--4589--SE
Månad	Maj
Utgivningsår	2018
Antal sidor	85
ISSN	1650-1942
Kund	Energimyndigheten
Forskningsområde	5. Krisberedskap och samhällssäkerhet
FoT-område	Ej FoT
Projektnr	E13612
Godkänd av	Lars Höstbeck
Ansvarig avdelning	Försvarsanalys

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

Sammanfattning

I denna studie analyseras förutsättningarna för att bygga energiberedskap i framtida energisystem. Utgångspunkt tas i Energimyndighetens scenarier ”Fyra framtider” och de framtidsutvecklingar av energisystemet och samhället i stort som presenteras i dessa. De områden som studeras särskilt i denna rapport är digitalisering, ökad elektrifiering, decentralisering av elproduktionen, ökat beroende av variabel elproduktion, det svenska elsystemets ökade integrering med omvärlden, batterier och andra energilager, ökad användning av biodrivmedel, ägandeförhållanden, energieffektivisering samt nya livsstils- och samhällstrender.

Beredskapsplaneringen för ett energisystem i förändring behöver balansera mellan en proaktiv och en reaktiv ansats, där den förra innebär att systemet designas med beaktande av olika möjliga hotbilder medan den senare i högre grad utgår från att anpassa systemen när hot väl realiseras. Beredskapsstrategier kan innefatta robusta delar för att kunna möjliggöra nödvändiga investeringar men samtidigt behöver de undvika låsningar som gör att de förhindrar en anpassning sig till omvärldsförändringar. Energisystemen bör i sin tur, för att kunna hantera allvarliga störningar, vara robusta men också förknippas med en flexibilitet som minskar beroendet av enskilda energibärare, energileverantörer och leveransvägar. En avvägning mellan effektivitet och kostnadsminimering respektive försörjningstrygghet blir oftast nödvändig. Det kan finnas skäl att i beredskapsplanering för energiförsörjningen, utöver energisystemets förmåga att upprätthålla acceptabel funktion, även beakta det omgivande samhällets funktionsförmåga vid kraftigt störd energiförsörjning.

För att kunna bedöma energiberedskapen hos ett system (idag och i framtiden) krävs detaljerad information som sällan går att läsa ut ur övergripande energibalanser. För detta krävs kunskap om bland annat grad av redundans i systemen, fysiskt skydd, organisering av IT-säkerhet och acceptans för leveransstörningar hos befolkningen. Ett tydligare fokus på energiförsörjningen av samhällsviktig verksamhet kan också vara nödvändig. I studien ges exempel på möjliga indikatorer att användas för bedömning av energiberedskapen i dagens och framtida system.

Nyckelord: energiberedskap, scenarier, systemförändringar, beredskapsstrategier

Summary

In this study, the preconditions to build energy preparedness, designed for future energy systems, are analysed. The starting point is taken in four energy scenarios developed by the Swedish Energy Agency. The aspects that are studied more thoroughly in this report are digitalisation, increased electrification of the energy system, decentralisation of electricity production, increased dependence of variable electricity production, increased integration of the Swedish electricity system in the European system, increased use of batteries and other energy storage systems, increased use of biofuels, the ownership of energy supply, energy efficiency, and new trends in lifestyle and society.

The planning for preparedness in a changing energy system has to balance between a pro-active and a reactive approach, where the first imply that the systems are designed taking various future threat scenarios into consideration. The second approach instead rely mainly on the capability of the system to adapt as the threats occur. Strategies for preparedness can include robust parts in order to allow for necessary investments, but at the same time they need to avoid such lock-ins that hinders necessary adaptation to future conditions. The energy systems should, in order to handle serious disturbances, be robust but also be flexible. Flexibility can reduce the dependence of individual energy carriers, energy suppliers and supply routes. There is often a trade-off between efficiency and cost minimisation on the one side, and security of supply on the other. When planning preparedness for the energy system, both the capability of the energy system to maintain an acceptable function and the possibility for society to function under significantly disturbed energy supply should be considered.

In order to evaluate the level of preparedness for a system (current and future) there is a need for detailed information that is rarely possible to extract from general energy balances. It requires for example knowledge of the level of redundancy in the system, the existence of physical protection of infrastructure, the organisation of IT-security and the acceptance in the population for energy supply disturbances. A clearer focus on energy supply for vital societal functions will also be necessary. In the study, examples of potential indicators for evaluating energy preparedness in current and future systems are provided.

Keywords: energy security, energy preparedness, scenarios, system changes, preparedness planning

Förord

Föreliggande rapport utgör ett kunskapsunderlag med syfte att användas som stöd i planeringen för en framtida trygg energiförsörjning, vilket omfattar både krisberedskap och civilt försvar. Arbetet har finansierats av Energimyndigheten.

Värdefulla synpunkter på rapportutkast har getts av medarbetare på Energimyndigheten, liksom av kollegor på FOI, enheten för Samhällets säkerhet. Författarna ansvarar dock för rapportens innehåll.

Innehållsförteckning

1	Inledning	11
2	Beredskapsaspekter med relevans för energiförsörjningen	13
2.1	Avgränsningar avseende energiberedskap.....	13
2.2	Skyddsvärden och mål för civilt försvar.....	14
2.3	Hur kan samhället påverkas av störningar i energiförsörjningen.....	15
2.4	Orsaker till störningar i energiförsörjningen	16
2.5	Motståndskraft mot störningar i energiförsörjningen	18
2.5.1	Energisystemets motståndskraft.....	18
2.5.2	Samhällets motståndskraft.....	19
3	Fyra framtider – en sammanfattning	21
3.1	De fyra scenarierna	21
3.2	Utvecklingsinriktningar i de olika scenarierna	22
4	Utmaningar och möjligheter för energiberedskapen i scenarierna Fyra framtider	25
4.1	Digitalisering	25
4.2	Ökad elektrifiering	27
4.3	Decentralisering av elproduktionen	29
4.4	Ökat beroende av variabel elproduktion	31
4.5	Det svenska elsystemets ökade integrering med omvärlden.....	32
4.6	Batterier och andra energilagrar.....	33
4.7	Ökad användning av biodrivmedel.....	34
4.8	Ägandeförhållanden	35
4.9	Kraftig energieffektivisering.....	36
4.10	Nya livsstils- och samhällstrender.....	37

5	Perspektiv på beredskapsplanering för energisystem i förändring	39
5.1	Att bygga beredskap	39
5.1.1	Tekniska strukturer	41
5.1.2	Naturresurser	42
5.1.3	Ekonomiska resurser	43
5.1.4	Institutioner.....	44
5.1.5	Aktörer.....	45
5.2	Principer för beredskapsplanering i ett framtidsperspektiv	46
5.2.1	Balansen mellan en proaktiv och reaktiv ansats i beredskapsplaneringen.....	48
5.2.2	Balansen mellan robusta och adaptiva strategier samt mellan robusta och flexibla lösningar	49
5.2.3	Balansen mellan att hantera beredskapsproblem "under resans gång" och i det tänka framtida "slutmålet".....	51
5.3	Att möjliggöra bedömningar av energiberedskap i framtidsscenarier.....	52
5.3.1	Förslag på preciseringar för ökad förståelse av beredskapsaspekten i Fyra framtider	52
5.3.2	Exempel på indikatorer för bedömning av energiberedskapen	54
5.4	Diskussion om lämpliga beredskapsåtgärder i ett framtidsperspektiv	56
6	Diskussion och slutsatser	59
	Referenser	61
	Bilaga: Omvärlds- och energifaktorer av relevans för beredskapen	65
B.1	Framtidsfaktorer och scenarier	65
B.2	Omvärldsfaktorer.....	67
B.2.1	Globalisering, ekonomi, handel och produktion.....	67
B.2.2	Vetenskap och teknikutveckling.....	68
B.2.3	Råvaror och naturresurser	70
B.2.4	Globala klimatavtal och framtida effekter av klimatförändringarna	71
B.2.5	Globala maktstrukturer, konflikter och geopolitisk utveckling	71
B.2.6	EU:s utveckling	73

B.2.7	Svensk demografi, ekonomi, arbetsliv och socioekonomiska förhållanden.....	74
B.2.8	Svenska förhållningssätt, värderingar och beteendemönster	76
B.2.9	Svensk samhällsstyrning, samhällsplanering och fysisk planering.....	77
B.3	Energifaktorer	78
B.3.1	Energiteknik och energiparadigm.....	78
B.3.2	EU:s energipolicy	79
B.3.3	Svensk energipolicy	80
B.3.4	Teknisk systemkaraktär	81
B.3.5	Energislag	82
B.3.6	Energianvändning i transporter, byggnader och industri	83

1 Inledning

Energisystemet är under omvandling. Orsakerna till detta är många. Samhälls- och teknikutveckling leder till nya efterfrågemönster i samhällets olika sektorer, och detta påverkar den totala nationella energianvändningen. Den ekonomiska utvecklingen i framför allt Kina, Indien och ytterligare ett antal tillväxtländer påverkar i sin tur olika aktörers betydelse på de internationella energimarknaderna liksom de faktiska energiflödena.

De klimatpolitiska målsättningar som speglas i bland annat Parisavtalet¹ ställer också krav på förändringar av energisystemet. Exempel på sådana politikdrivna förändringar är de förnybara drivmedlens allt större roll på drivmedelsmarknaderna och expansionen av vindkraft och solceller i elsektorn. Teknisk utveckling påverkas också av klimatpolitiska ambitioner, vilket bland annat har lett till att vindkraft och solceller fått en förbättrad konkurrenskraft. Men den tekniska utvecklingen har också förbättrat möjligheterna till styrning av energisystem vilket bland annat ökar förutsättningarna för att integrera ett stort antal mindre anläggningar i elsystemet. Gränsen mellan vem som är producent och vem som är konsument har i viss mån börjat suddas ut. Regelverk och institutioner på såväl global som nationell nivå kommer på sikt behöva anpassas till dessa nya förhållanden. Utvecklingen ska också ske i samklang med de tre övergripande energipolitiska pelarna hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.² Även de transportpolitiska målen och målen om en fossilbränslefri fordonsflotta styr vad som kan anses vara möjliga utvecklingsriktningar.

Exakt vilken väg utvecklingen kommer att ta är dock inte given. Värderingar i samhället, politiska prioriteringar och den framtida tekniska utvecklingen är faktorer som kommer att påverka energiförsörjningen. För att förstå och analysera framtida osäkerheter kan scenarier vara värdefulla verktyg.³ Detta har Energimyndigheten tagit fasta på i sitt arbete med Fyra framtider som genomfördes under perioden 2014-2016. Detta arbete resulterade i fyra explorativa scenarier som speglade olika framtider med olika utformning och egenskaper.⁴ Energibalanser, miljöpåverkan och energipriser är exempel på utfall som presenteras i rapporten. Beredskapsfrågor och trygg energiförsörjning,

¹ Klimatavtalet som träffades i Paris i december 2015 trädde i kraft i november 2016. Se Prop. 2016/17:16.

² Mer information om de energipolitiska målen återfinns i bl.a. Energimyndigheten (2015).

³ Scenariolitteraturen är omfattande. Teorilitteraturöversikt finns i t.ex. Jonsson (2017). Exempel på scenarioarbeten finns i inventering i Jonsson och Sonnsjö (2012). Om osäkerhetshantering, se t.ex. Dreborg (2004). Om scenariometodik, se t.ex. van der Heijden (1996).

⁴ Energimyndigheten (2016).

utöver frågor som rör balansering av elefterfrågan och elproduktion, behandlas inte utförligt i Fyra framtider eftersom det inte var syftet med scenarierna.

Denna rapport syftar till att påbörja en integrering av beredskapsfrågan⁵ i tänkandet kring utvecklingen av framtida energisystem. Behovet av en sådan integrering har lyfts fram av bland andra Försvarsberedningen som anser att "...berörda aktörer behöver väga in totalförsvarets behov vid utvecklingen av nya energisystem och vid uppbyggandet av ny infrastruktur inom energiområdet för att i förebyggande syfte skapa en mer robust energiförsörjning".⁶

Utgångspunkt kommer att tas i de utvecklingsriktningar hos energisystemen som beskrivs i scenarierna. De utmaningar och möjligheter som dessa utvecklingsspår medför diskuteras, liksom deras beroende av hotbilder, omvärldsfaktorer och åtgärder. Utifrån detta studeras vilka beredskapsbyggande strategier för energisektorn som är rimliga att välja samt vilka för- och nackdelar dessa har.

I studien anläggs ett sociotekniskt perspektiv på energisystemet, vilket bland annat innebär att såväl tekniska som institutionella aspekter är relevanta när bedömningar görs och åtgärdsområden diskuteras. Det är med andra ord inte enbart systemens tekniska egenskaper som är relevanta i sammanhanget utan även till exempel aktörers kompetens och befintliga regelverk.

Rapporten riktar sig främst till personer verksamma inom energiområdet och som har intresse och behov av att öka sin förståelse för hur beredskapsfrågor kan beaktas i sin verksamhet. Rapporten tar utgångspunkt i Energimyndighetens scenariostudie "Fyra framtider" men kan läsas oberoende av denna.

Rapporten är till sin karaktär explorativ och baseras på litteraturstudier samt författarnas mångåriga erfarenheter inom området.⁷ De diskussioner och analyser som förs har granskats och kommenterats av experter på Energimyndigheten men författarna ansvar själva för rapportens innehåll.

⁵ Vad vi lägger in i begreppet beredskap diskuteras i nästa avsnitt.

⁶ Försvarsberedningen (2017), s. 165.

⁷ Centrala forskningsartiklar och rapporter som speglar denna erfarenhet är bl.a. Johansson m.fl. (2010), Johansson (2013 a och b), Jonsson och Johansson (2013) Johansson m.fl. (2014), Jonsson m.fl. (2014 a och b), Johansson m.fl. (2015), Jonsson m.fl. (2015), Johansson m.fl. (2016), Jonsson m.fl. (2016), Jonsson och Sonnsjö (2016), Jonsson m.fl. (2017).

2 Beredskapsaspekter med relevans för energiförsörjningen

Syftet med detta avsnitt är att diskutera vilka frågor som är relevanta att ta med i en analys av hur framtida energisystem kan förstås ur ett beredskapsperspektiv. Kapitlet börjar med en avgränsning av hur vi i denna studie väljer att förstå begreppet beredskap och vad ett beredskapsperspektiv då innebär. Vi fortsätter med att diskutera de mål som är mest relevanta att beakta i ett beredskapssammanhang och hur dessa hänger ihop med andra samhällsmål. Vi beskriver också i avsnittet översiktligt vilka typer av oönskade händelser med koppling till energiområdet som det ska finnas beredskap att förebygga och hantera, men även vilka egenskaper hos energisystemet och samhället i stort som är av betydelse för förmågan att förebygga och hantera händelserna.

2.1 Avgränsningar avseende energiberedskap

Vad som ska ingå i begreppet beredskap är inte självklart. Detsamma gäller hur ett beredskapsperspektiv ska förstås i relation till de övergripande energipolitiska målen hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet där särskilt trygg energiförsörjning tangerar begreppet beredskap.

Trygg energiförsörjning är relevant för såväl fredstida krisberedskap som höjd beredskap och krig, liksom gråzonen mellan fred och krig.⁸ Men arbetet med trygg energiförsörjning är bredare än krisberedskap eftersom det också innefattar en strävan att minska relativt begränsade störningar i energiförsörjningen, även då dessa störningar inte uppfattas som en del av en kris. Samtidigt kan förutsättningarna under kris och krig innebära att de mål som generellt gäller för trygg energiförsörjning inte är rimliga att uppfylla fullt ut utan att andra prioriteringsordningar då kan gälla.

Störningar i energisystemet i princip kan kondenseras ner till två huvudtyper av effekter i konsumentledet: leveransavbrott och priseffekter.⁹ Dessa störningar leder i sin tur till effekter på prioriterade eller skyddsvärda aspekter som individers livsförhållanden, företagens ekonomi, samhällsviktig verksamhet och andra samhälleliga värden.¹⁰ Förväntningar på vad energisystemet ska klara av och vad som ska prioriteras kan skilja sig åt beroende av om fokus är på

⁸ Den potentiella påverkan på energiförsörjningen i en gråzonssituation diskuteras i Jonsson (2018).

⁹ Vi väljer i denna studie att ta ett energitjänstperspektiv på energisystemet. Det innebär att huvudintresset framför allt ligger på förutsättningarna för energianvändarna att med hjälp av energin erhålla nyttor som transporter, värme, kylning samt produktion av varor och tjänster.

¹⁰ När man talar om trygg energiförsörjning kan det vara mer relevant att prata om prioriterade aspekter medan det i kris och krig är mer vanligt att prata om skyddsvärda aspekter.

störningar i allmänhet, eller på kris och krig. Även om utgångspunkten är att energisystemet i så hög utsträckning som möjligt ska kunna leverera energi även under kris och krig förskjuts fokus i riktning mot samhällets funktionalitet och skydd av individers liv och hälsa mot akuta hot. Det innebär i sin tur att vad som är ”acceptabelt” under dessa ytterst ansträngda förhållanden kan skilja sig mot vad som gäller under ”normala” förhållanden. Detta innebär att samhällets övergripande skyddsvärden och säkerhetsmål, samt mål för civilt försvar (se avsnitt 2.2), har ett delvis annat perspektiv än de övergripande energimålen.

Skillnaderna ska i sig inte tolkas som att vissa mål är överordnade andra mål, utan samtliga bör beaktas vid utvecklingen av framtida energisystem. Vilken relativ vikt som läggs på de olika målen är ytterst en politisk fråga. De energipolitiska målen är dock centrala för hur samhället styr och skapar förutsättningar för utvecklingen av energisystemet och dess aktörer och är därmed en viktig drivkraft för utvecklingen över tid och avgörande för vilka energiscenarier som kan vara relevanta.

I denna rapport väljer vi att fokusera på beredskap kopplat till extraordinära händelser, fredstida kriser, gråzon, höjd beredskap och krig samt hur system (tekniska och institutionella) kan byggas som både kan förebygga krisers uppkomst, minska omfattningen av störningar av energiförsörjningen från kris och krig, samt hantera de störningar som ändå uppkommer. Detta fokus innebär att vi inte detaljstuderar förutsättningarna för att begränsa omfattningen av mindre ”vardagsstörningar”. Detta innebär inte att dessa typer av vardagsstörningar är ointressanta utan fokuseringen görs för att göra analysen mer hanterlig. Vi inser dock att många av de åtgärder och principer som är relevanta ur ett beredskapsperspektiv även är intressanta även för dessa vardagsstörningar.

2.2 Skyddsvärden och mål för civilt försvar

Krisberedskapsarbetet utgår från fem skyddsvärden som är formulerade av riksdagen och regeringen.¹¹ Dessa är:

- Människors liv och hälsa
- Samhällets funktionalitet
- Demokrati, rättssäkerhet och mänskliga fri- och rättigheter
- Miljö och ekonomiska värden
- Nationell suveränitet

¹¹ MSB (2014a); MSB (2014b).

Det civila försvarets mål består enligt den försvarspolitiska inriktningspropositionen¹² av tre delar, nämligen:

- Värna civilbefolkningen
- Säkerställa de viktigaste samhällsfunktionerna
- Bidra till Försvarsmaktens förmåga vid väpnat angrepp eller krig i vår omvärld

Försvarsberedningen föreslår såväl ett förtydligande som en utvidgning av målen för civilt försvar. De ursprungliga tre målen har kompletterats med följande:¹³

- Upprätthålla en nödvändig försörjning
- Upprätthålla samhällets motståndskraft mot externa påtryckningar och bidra till att stärka försvarsviljan
- Bidra till att stärka samhällets förmåga att förebygga och hantera svåra påfrestningar på samhället i fred
- Med tillgängliga resurser bidra till förmågan att delta i internationella fredsfrämjande och humanitära insatser

Inriktningen av krisberedskapen och det civila försvaret har både likheter och skillnader.¹⁴ Det finns likheter i att civilbefolkningen och samhällsviktiga funktioner ska skyddas. Dock ska det civila försvaret ge stöd till Försvarsmakten, vilket inte gäller för krisberedskapen. Inom krisberedskapen förväntas i stället Försvarsmakten, med befintlig förmåga och resurser, kunna stödja civila aktörer.

De energipolitiska målen kan logiskt kopplas till de fem skyddsvärdena där målen miljömässig hållbarhet och konkurrenskraft har en tydlig koppling till den fjärde punkten (Miljö och ekonomiska värden) medan försörjningstryggheten dessutom har en direkt koppling till punkt ett och två (Människors liv och hälsa, Samhällets funktionalitet) och indirekt till punkt tre och fem (Demokrati, rättssäkerhet och mänskliga fri- och rättigheter, Nationell suveränitet).

2.3 Hur kan samhället påverkas av störningar i energiförsörjningen

Den påverkan som drabbar samhället som en följd av en störning i energisystemet är, som ovan nämnts, i princip av två slag: leveranssavbrott och

¹² Prop. 2014/15:109.

¹³ Försvarsberedningen (2017) (s. 83). I Försvarsberedningens rapport betecknas samtliga sju punkter som ”uppgifter” snarare än mål. Detta är på många sätt logiskt eftersom de är uttryckta på ett sätt som skiljer sig från hur uppföljningsbara mål vanligen är formulerade.

¹⁴ Se även Johansson m.fl. (2017).

stigande priser.¹⁵ Typexemplet på det förra är elavbrott som kan vara av det kortare eller längre slaget. För denna typ av störningar kan inte marknaden, genom priset, fungera som balanseringsfunktion mellan en otillräcklig tillförsel och efterfrågan. Det finns helt enkelt ingen möjlighet att i detta fall att distribuera el till konsumenten som har drabbats av avbrottet. Även ett dåligt fungerande distributionssystem inom drivmedelsområdet skulle kunna leda till att bränsleleveranserna till slutkonsument stoppas. I fallet leveransavbrott är följderna direkta och potentiellt stora. Värt att notera är att effekterna inte är direkt kopplade till energibortfallets omfattning (mätt i MWh) utan till den skada som bortfallet leder till. Bortfallet av energileverans till en storkonsument behöver i detta fall inte nödvändigtvis leda till allvarigare effekter än vad bortfallet till en liten men samhällsviktig konsument skulle göra.

Vid störningar som inte innefattar totalavbrott kan en bristande tillförsel modereras genom en marknad. En otillräcklig oljetillförsel kan leda till ökade priser som i sin tur påverkar efterfrågans omfattning. På så sätt balanseras marknaden, dock med en högre prisnivå än vad den skulle ha varit utan störningen. För att denna balansering ska vara möjligt krävs dock att prissignalerna når konsumenterna tillräckligt snabbt för att dessa ska kunna reagera. Inom elområdet, där systemet kräver momentan balansering, kan det vara svårt att klara en effektbrist i systemet med enbart prissignaler vilket är en orsak till olika kompletterande system som har konstruerats, t.ex. effektreserv, samt automatisk och manuell fränkoppling.

Även om marknaden kan klara av balanseringsproblematiken kan de prisförändringar som uppkommer, om de är långvariga, vara svåra att hantera för resurssvaga konsumenter och samhällsviktiga verksamheter med hög energiintensitet. Effekterna av prishöjningarna kan därför uppfattas som oacceptabla och fordra insatser i form av exempelvis prioritering eller ransonering. En möjlig följd av en knapphet och därtill hörande prishöjningar kan i nästa steg bli ett minskat förtroende för samhället och dess institutioner, vilket i sig kan innebära ett hot mot samhällets skyddsvärden.

2.4 Orsaker till störningar i energiförsörjningen

Det finns ett flertal potentiella hot mot energiförsörjningen som kan leda till leveransstörningar och prischocker. Dessa kan vara av olika karaktär såsom naturolyckor, tekniska fel, handhavandefel, marknadsstörningar, fientliga

¹⁵ Se utvecklad diskussion i exempelvis Johansson (2013a).

attacker samt effekter av säkerhetspolitiska skeenden.¹⁶ Exempel på mer konkreta hot ges i följande punktlista:

- Otillräckligt utbyggd energitillförsel som skapar obalans på energimarknaden. Den bristande utbyggnaden kan bero på dålig ekonomi hos företagen eller bristande tilltro till marknaden på grund av otydliga regelverk, politiska signaler och liknande.
- Olycka i kärnkraftverk som medför att samtliga verk stängs. Kärnkraftverkens säkerhet kan påverkas av bristande investeringsvilja som en följd av till exempel oklarheter vad gäller politisk inriktning och utveckling av konkurrerande teknik. Men säkerheten kan även påverkas av svårigheter med att lösa kompetensförsörjningen.
- Extrema väderhändelser som slår ut viktiga delar av energisystemet. Ett typexempel är effekterna av stormen Gudrun. Extrema väderhändelser utomlands kan även påverka Sverige indirekt, exempelvis genom att stoppad oljeproduktionen i delar av världen påverkar oljemarknaden. De pågående klimatförändringarna, som till stor del orsakas av användningen av fossil energi, bedöms öka risken för extrema väderhändelser.¹⁷ Såväl frekvens som magnitud av störningen kan förväntas öka.
- Cyberangrepp eller fysiska angrepp mot exempelvis kärnkraftverk, oljedepåer, transformatorstationer och andra delar av elnätet.
- Störningar i distributionssystem på grund av tekniska fel, handhavandefel, brist på personal eller fordon. Detta kan bero på flera saker: Bristande investeringar i distributionssystemen kan leda till större risk för fel. Svårigheter att kompetensförsörja kan leda till ökad risk för handhavandefel. Under krig och höjd beredskap finns en ökad risk att utländska distributions- och transportfordon inte kommer att finnas tillgängliga för energidistribution. Ökade fysiska risker för personal i till exempel raffinaderier vid krigssituationer kan också påverka förutsättningarna för att bemanna viktiga tjänster.
- Störda oljeflöden som följd av en säkerhetspolitisk kris eller krig. Störningen kan vara en följd av åtgärder direkt riktade mot Sverige genom exempelvis blockader eller i form av indirekta effekter via energimarknaden.

¹⁶ För energiförsörjningen i allmänhet utvecklas detta i exempelvis Johansson m.fl. (2010), Johansson (2013a) och Jonsson m.fl. (2015) medan förnybara energikällor diskuteras mer ingående i exempelvis Johansson (2013b) och Johansson m.fl. (2014).

¹⁷ Se till exempel IPCC (2014).

2.5 Motståndskraft mot störningar i energiförsörjningen

Motståndskraften mot störningar kan vara av två olika slag. Motståndskraft kan dels vara en inneboende egenskap i energisystemet som gör att störningarnas påverkan på det övriga samhället begränsas. Men det kan också vara samhällets motståndskraft att klara av de leveransavbrott och omfattande prishöjningar som kan bli följden av störningen.

2.5.1 Energisystemets motståndskraft

Flexibilitet, redundans och lagringsmöjligheter är centrala egenskaper hos energisystemet som kan minska de negativa konsekvenserna av en störning. Det minskar beroendet av enskilda energislag, anläggningar och energileverantörer.

Ett stort icke-substituerbart beroende av en energibärare kan innebära stora konsekvenser vid ett bortfall eller kraftiga prishöjningar på det energislag man är beroende av. Exempel på detta skulle kunna vara en omedelbar stängning av samtliga kärnkraftsanläggningar som följd av upptäckta tekniska fel eller hot, eller om t.ex. en dominerande aktör slutar leverera till en icke-välfungerande marknad.

Importberoende behöver normalt sett inte vara ett problem, men kan vara det om olika tillförselvägar hindras genom blockader eller osäkra förhållanden, exempelvis attacker mot fartyg eller infrastruktur.

Flexibilitet indikeras exempelvis genom vilken grad olika energislag och leverantörer är utbytbara. Redundans kan bestå av parallella distributionskanaler i form av elledningar eller alternativa transportlösningar för drivmedelsleveranser. Byggandet av redundans innebär ofta en extra kostnad och därför sker alltid en avvägning mellan redundans och risken för en kris. Lagringsmöjligheter kan, även på systemnivå, fungera som en buffert mot störningar för såväl kortsiktig balans av elsystemet som långsiktig buffert mot störningar i energitillförseln.

Energieffektiviseringar kan också leda till ökad motståndskraft. Ett välisolerat hus har exempelvis ett mindre behov av energi för att kunna hållas varmt och kan dessutom hålla värmen längre vid ett totalt avbrott. Att byta elpannan mot en värmepump innebär att värmesystemet kan fungera med en betydligt mindre tillförsel. Kraftigt ökande energipriser som en följd av störningen kommer också att drabba konsumenter som genomfört effektiviseringsåtgärder i mindre grad.

Tekniska system, till exempel smarta elsystem, kan riskera att skapa nya sårbarheter. Smarta system som syftar till effektivitetsvinster och ökad stabilitet i systemet kan även bidra till ökade risker om fientliga aktörer kommer åt dessa.¹⁸

Regelverk och välfungerande institutioner, som marknader, bör fungera stabiliserande för energisystemet. Institutionella brister kan i stället fungera destabiliserande och försvåra krishantering. Det kan handla om dåligt fungerande marknader, otydliga regelverk vad gäller till exempel prioritering, ransonering och återställande.

Värt att notera är att såväl flexibilitet, lager och redundans är relevanta faktorer för ökad beredskap på såväl energisystemnivå, samhällsnivå som individuell aktörsnivå. Samtliga dessa faktorer medför dock en extra kostnad.

2.5.2 Samhällets motståndskraft

Hur samhället kan anpassa sig till, acceptera och hantera störningar i energisystemet kan påverka vad dessa störningar egentligen innebär för samhällets krisberedskap och förutsättningarna att hantera exempelvis gråzonssituationer och krig.

Den direkta effekten på individer och samhällsviktig verksamhet beror på vilka förberedelser som har gjorts för att hantera avbrott och kraftiga prishöjningar på energi. Avbrott kan hanteras genom egna reserver som gör att det går att klara sig en period utan energi (jämför MSB:s rekommendation att hushåll bör ha beredskap att klara sig i 72 timmar utan stöd från myndigheter i händelse av kris)¹⁹, att elförsörjning kan klaras med egen produktion inklusive reservkraft eller energilager, samt med flexibla energisystem (kombipannor, laddhybridfordon, flexi-fuelfordon). De ekonomiska konsekvenserna av en störning beror i sin tur på hushålls eller organisationers ekonomiska resurser. Olika konsumenter kommer därmed att drabbas olika mycket. Här blir samhällets sociala skyddssystem viktiga.²⁰

Utöver de rent materiella effekterna av störningar i energiförsörjningen och skenande energipriser kan en viktig aspekt vara hur detta påverkar förtroendet mellan medborgare och samhälle. Vilket allmänt förtroende som finns mellan samhällets aktörer kan påverka konsekvenserna av ett minskat förtroende i händelse av kris. En faktor av betydelse är om en kritisk gräns passeras. Samtidigt kan en låg tilltro till samhället innebära att fler aktörer ser till att säkra

¹⁸ Se t.ex. Andersson och Westerdahl (2017).

¹⁹ Se till exempel MSB:s krisinformation till individer och hushåll.

<https://www.dinsakerhet.se/olycka-och-kris/forbered-dig-for-olycka-och-kris/din-krisberedskap/>

²⁰ Jämför t.ex. diskussionen om utsatta konsumenter och energifattigdom i Johansson m.fl. (2015).

sin tillförsel på egen hand vilket i vissa sammanhang kan minska den enskilda aktörens sårbarhet för systemrelaterade störningar.

Hotförståelsen kan också vara av betydelse för hur acceptansen för störningar i energiförsörjningen ser ut. Det kan till exempel finnas skäl att tro att det finns större acceptans för störningar i ett system under en krigssituation än under fredstida förhållanden. Hotförståelsen kan även påverka vilken syn man har på det egna ansvaret för att hantera en störning. Ett särskilt problem kan uppkomma under en gråzonssituation som karaktäriseras av olika syn på vad och eventuellt vem som är orsak till störningarna. Att åstadkomma sådan osäkerhet och försämring i tillit kan vara just det som är syftet med de fientliga aktiviteterna i en gråzonssituation.

3 Fyra framtider – en sammanfattning

Scenarierna ”Fyra framtider” som presenterades 2016, arbetades fram av Energimyndigheten under en flerårig process. Scenarierna är explorativa och visar på några möjliga utvecklingar av energisystemet efter 2020. Varje framtid har olika drivkrafter som präglar utvecklingen, till exempel global rättvisa, konkurrenskraft, individualism eller trygg energiförsörjning. Scenarierna är dock inte måldrivna²¹ och i vilken grad scenarierna uppnår mål som begränsad klimatpåverkan är i stället något som får utvärderas.

Energimyndigheten betonar att scenarierna inte innebär ställningstaganden för någon av framtiderna och konstaterar att det är möjligt att plocka element från alla scenarier för att möjliggöra den omställning man anser vara bäst för Sverige.²² Trygg energiförsörjning har inte någon dominerande roll i scenarierna. Nedan följer en kort sammanfattning av scenarierna. För mer detaljer hänvisas till originalrapporten. Därefter presenteras kortfattat ett urval samhällsutvecklingar, som är beskrivna i scenarierna, och som bedöms vara viktiga för beredskapen i energisystemet. Dessa beskrivs mer i detalj i kapitel 4.

3.1 De fyra scenarierna

Forte

Forte har sin utgångspunkt i säker energitillgång till låga och stabila priser för den energiintensiva industrin. Ekonomisk tillväxt och jobbskapande här och nu är i första rummet. Leveranssäkerhet är i fokus i energidebatten liksom konkurrenskraftiga, centraliserade och storskaliga energisystem. Infrastruktursatsningar sker utifrån industrins behov. Industrins starka tillväxt innebär att godstransporterna ökar. Transportsektorn i stort blir i högre grad än idag elektrifierad. Styrningsmässigt läggs ett större ansvar på staten med fokus på försörjningstrygghet.

Legato

I scenariot *Legato* spelar global rättvisa och ekologisk hållbarhet en stor roll för den politiska agendan. En rättvis fördelning av resurser globalt påverkar de prioriteringar som görs och den livsstil som befolkningen väljer. Flödande energiresurser²³ prioriteras och Sverige producerar mer förnybar energi än vad marknaden använder och Sverige blir exportör. Fossil energi fasas nästan ut helt

²¹ Måldrivna energiscenarier återfinns t.ex. i EU:s Energy Roadmap (Europeiska kommissionen, 2011) och IEA:s Energy Technology Perspectives (IEA, 2017).

²² Se Energimyndighetens generaldirektörs förord till Fyra framtider, Energimyndigheten (2016).

²³ T.ex. sol och vind.

och även kärnkraft fasas ut. Allt fler svenskar väljer en ”frivillig enkelhet” och en ökad självförsörjningsgrad. Transportsystemet är i stor utsträckning fossilfritt och det totala transportarbetet är betydligt lägre än idag.

Espressivo

Espressivo tar sin utgångspunkt i decentralisering och individens frihet som grundbultar i samhällets och energisystemets utveckling. Fokus är på mångfald och individuella lösningar. Viljan till självförsörjning har ökat. Konsumenternas ställning på energimarknaden prioriteras. Fortsatt stor överföringskapacitet inom och utom Sverige möjliggör för storskaliga anläggningar att överleva trots fokus på den decentraliserade inriktningen på elproduktionen. Nya elmarknader utvecklas på lokal nivå med lokala spotmarknader.

Vivace

I *Vivace* är energisektorn en viktig motor för ekonomin. Energin ses som en språngbräda för en samhällsförändring. Information om det mesta flödar och är tillgänglig för alla. Intelligent komponenter är integrerade i elsystemen. Självkörande fordon tar en större plats i stadsplaneringen. Transporterna baseras på förnybar energi men efterfrågan är hög även om den delvis kompenseras av ökad energieffektivitet. Scenariot präglas av en stor omställningsiver och Sverige år 2035 en testarena för marknadsintroduktioner inom förnybar energi.

3.2 Utvecklingsinriktningar i de olika scenarierna

Konstruktionen av de fyra scenarierna bygger på antaganden om ett antal olika utvecklingsinriktningar som på olika sätt påverkar samhället i stort, och mer specifikt energisystemets utveckling. Vissa utvecklingsinriktningar är generella för samtliga scenarier medan andra speglar aspekter som särskiljer ett eller flera scenarier från de andra.

Dessa utvecklingsinriktningar kan påverka energiberedskapen på två olika sätt. Dels påverkar de direkt eller indirekt energisystemens utveckling vad gäller val av energislag, tekniska lösningar, ägandeförhållanden etc. Dels kan de påverka förutsättningarna för samhällets aktörer att arbeta förebyggande och att hantera konsekvenserna av störningar i energiförsörjningen som en följd av fredstida kriser och krig.

I följande kapitel studeras ett urval av de utvecklingsinriktningar som bedöms kan ha betydelse för energiberedskapen. Hur energiberedskapen påverkas av

dessa utvecklingsinriktningar beror på ett stort antal omvärldsfaktorer.²⁴ De utvecklingsinriktningar som har valts ut för utökad diskussion är:

- Digitalisering
- Ökad elektrifiering
- Decentraliserad elproduktion
- Ökat beroende av variabel elproduktion
- Elsystemets ökade integrering med omvärlden
- Batterier och energilager
- Ökad användning av biodrivmedel
- Ägandeförhållanden
- Kraftig energieffektivisering
- Nya livsstils- och samhällsförändringar

Flera av dessa utvecklingsinriktningar är beroende av varandra. Till exempel möjliggör småskaliga produktionsanläggningar en decentraliserad produktion och de småskaliga anläggningar som förväntas dominera i de flesta scenarierna (sol och vind) är typexempel på variabel elproduktion. Såväl digitalisering som batterier och andra energilager är nyckellösningar för att stödja en expansion av dessa tekniker.

²⁴ Varav ett antal beskrivs i bilagan till denna rapport, som baseras på tidigare forskning av Jonsson och Sonnsjö (2013). Identifieringen av omvärldsfaktorer gjordes med hjälp av workshopmetodik, med deltagande experter inom områdena energi, krisberedskap och säkerhetspolitik.

4 Utmaningar och möjligheter för energiberedskapen i scenarierna

Fyra framtider

I detta avsnitt studeras ett antal av de centrala utvecklingsinriktningar som beskrivs i Fyra framtider och vilken betydelse dessas utmaningar och möjligheter kan få för beredskapen. De olika utvecklingarnas betydelse ur ett beredskapsperspektiv är i allmänhet inte entydig utan kan bero på vilken hotbild som studeras, hur omvärlden utvecklas, vilka samhällsfunktioner som prioriteras samt vilka kompletterande åtgärder som genomförs för att öka samhällets robusthet. Resonemanget ligger sedan till grund för den diskussion om beredskapsstrategier för framtiden som beskrivs i kapitel 5.

4.1 Digitalisering

Digitalisering ger möjlighet till effektiviseringar och nya tjänster men bygger samtidigt in nya säkerhetshot som måste hanteras vid design och underhåll av system. Detta kommer att bli en allt viktigare beredskapsfråga för energisystemet och regelverk måste anpassas efter de nya systemens karaktär.

I samtliga framtidsscenarier antas en fortsatt digitalisering av samhället. Det bedöms få flera olika effekter, alltifrån nya och ökade möjligheter att sprida information och propaganda, förbättrade möjligheter till distansarbete och utveckling av mer automatiserade system. En aspekt som är direkt applicerbar för energisystemet är de ökade möjligheter som uppkommer för att styra elanvändning och eltilförsel i så kallade smarta elnät.

Smarta elnät, smarta hem och smarta prylar förväntas kunna underlätta styrningen av systemen och möjliggöra en ökad integration av decentraliserad variabel elproduktion i dessa, se kapitel 4.3 och 4.4, samtidigt som behoven av reservkraft kan begränsas. Genom att styra energianvändningen och utnyttja exempelvis fordonsbatterier som energilager kan kostnader begränsas. Vidare kan möjligheten att kunna balansera elefterfrågan och tillförseln leda till att användandet av dyrare produktionsanläggningar minskas.

Samtidigt finns det risker med den ökade digitaliseringen. Utan ett väl designat IT-skydd finns risker för intrång i systemen. I den trend mot Internet of Things²⁵ som har påbörjats, och som många bedömare tror kommer att fortsätta, har inte

²⁵ Internet of Things innebär att olika produkter kopplas till internet med syfte att leverera nya tjänster eller öka effektiviteten hos befintliga tjänster.

hänsyn tagits till säkerhetsaspekten fullt ut.²⁶ Ett ökat fokus på säkerhetsaspekten vid design och underhåll av systemen kommer att bli en allt viktigare beredskapsfråga för energisystemet. Utan ett strukturerat säkerhetsarbete inom området finns en risk för att automatiseringen och utvecklingen av smarta elnät bygger in nya sårbarheter i energisystemen.²⁷

Digitaliseringen skapar möjligheter för nya tjänster och därmed konkurrensfördelar för den som utnyttjar den. Kombinationen av smarta elnät, smarta hem och prylar, liksom decentraliserad produktion, kan omstöpa elmarknaden, vilket innebär att det kommer finnas ett konkurrenstryck för att behålla och skaffa nya kunder. Det kommer sannolikt att finnas ett tryck från tekniska innovationsföretag och nya tjänsteföretag att ”få tillgång till” elnäten, liksom ett motsvarande tryck från konsumenterna att få tillgång till de nya tjänsterna.²⁸ I den förändringsprocessen, under stark konkurrens, finns en uppenbar risk att de nya tjänsterna introduceras för snabbt och utan tillräckligt stor hänsyn till den IT-relaterade säkerheten och därmed riskerar att bidra till minskad elleveranssäkerhet.²⁹

Utmaningarna med digitaliseringen för energiberedskapen kan vara aspekter som är en naturlig del av samhälls- och marknadsutvecklingen men som samtidigt skapar svårigheter att upprätthålla säkerhet. Det kan exempelvis vara om lagstiftning och marknadsreglering skulle släpa efter den tekniska utvecklingen, det vill säga är anpassad till en äldre teknik och de problem som förknippas med den snarare än att adressera aktuella problem.

Ett mer tekniskt exempel är den standardisering inom IT-området som bedrivs som ett led i kvalitetsarbete och syftar till att skapa mer homogena och tillförlitliga systemlösningar.³⁰ Standardiseringstrenden berör allt ifrån fysiska komponenter, till operativsystem i kontorssystem, till särskilda programmoduler. Att många aktörer idag använder samma typ av systemlösningar medför, å ena sidan, kollektiv säkerhetsnytta när systemen kontinuerligt förbättras men, å andra sidan, att gemensamma kvarstående, eventuellt ännu inte identifierade, sårbarheter kan exploateras. Standardisering av IT-säkerhetsarkitektur är i grunden något mycket positivt. Den potentiella sårbarheten som standardiseringen ändå innebär ligger mer på samhällelig nivå eftersom eventuella säkerhetsluckor finns hos många aktörer. Skadlig mjukvara som distribueras brett kan därmed få stora samhälleliga skadeverkningar när den

²⁶ Se t.ex. Eidenskog och Kamrani (2017).

²⁷ Andersson och Westerdahl (2017).

²⁸ Det kan exempelvis gälla fjärrstyrning av lokala applikationer såsom värmepumpar via kraftbolagens kommunikationsinfrastruktur eller optimering av laddning av fordon med avseende på rådande elpriser sammankopplat med egna resurser för elproduktion (t.ex. solceller).

²⁹ Jonsson (2018).

³⁰ Systemlösningar kan exempelvis gälla olika former av digitala protokoll samt mjukvara för styrning och övervakning.

aktiveras i olika system hos olika aktörer som använder samma IT-säkerhetsstandard eller samma typ av administrativa stödsystem.³¹

En annan mer marknadsorienterad utmaning är att ökad digitalisering kräver en utvecklad typ av specialistkompetens som energiföretagen inte alltid har möjlighet att integrera i den egna verksamheten. I linje med strävan mot ökad effektivisering genom specialisering, inom såväl energiområdet som de flesta andra branscher, anlitas istället konsulter och underleverantörer. Dessa löser inte bara väldefinierade tekniska problem enligt detaljerade beställningar utan tar i olika hög grad ansvar för viss funktionalitet. Man kan därmed säga att delar av elförsörjningen läggs ut externt. Detta riskerar att minska elleverantörernas insyn och kompetens vad gäller säkerhetsfrågor och försvåra ansvariga myndigheters tillsyn, i synnerhet om utländska underleverantörer anlitas.³²

På samma sätt som för elsystemet, kan en ökad digitalisering förbättra förutsättningarna för en ökad energieffektivitet i transportsystemet och inom industrin. Det kan handla om system som identifierar den smartaste resvägen eller optimerar produktionsprocesser. Även här finns för risk för intrång med syfte att störa systemen men även en integritetsaspekt.

De möjligheter som digitaliseringen ger för ökat distansarbete gör samhället mindre sårbart för t.ex. störningar i drivmedelstillförseln. Men det förutsätter att kommunikationssystemen förblir intakta. Om kommunikationssystemen slås ut finns i stället ökade behov av möten för att dela information och lägesbeskrivningar.

Den väg som digitaliseringen av energisystemen tar, vilket i sin tur sätter förutsättningarna för energiberedskapen, är å ena sidan beroende av teknik- och innovationsutvecklingen (se bilagan, avsnitten B.2.2 och B.3.1), å andra sidan av konsumentefterfrågan som i sin tur beror av exempelvis värderingar, socioekonomi, arbetslivets organisation och beteendemönster (se bilagan, avsnitten B.2.7 och B.2.8). Dessa olika aspekter kan i sin tur generera såväl möjligheter som utmaningar för energiberedskapen.

4.2 Ökad elektrifiering

En ökad elektrifiering kan leda till att fler funktioner blir beroende av ett välfungerande elsystem. Samtidigt kan beroendet av importerade energibärare för exempelvis transporter minska avsevärt. Sammantaget innebär det att energisystemen fortsatt kommer att vara sårbara men att framtidens sårbarheter skiljer sig från dagens.

³¹ Jonsson (2018).

³² Jonsson (2018).

I flera av scenarierna ses en trend i riktning mot ökad elektrifiering av energisystemet. Det gäller i industrisektorn där el/vätgas kan skapa möjligheter att exempelvis ersätta koks som reduktionsmedel i stålindustrin.³³ Kanske mer omvälvande i det dagliga livet är den elektrifiering av transportsektorn som omnämns i flera av scenarierna och som innefattar såväl elektrifiering av vägar som en ökad andel elfordon. Dessa fordon kan vara rena elfordon med enbart eldrift, eller hybrider där eldriften kombineras med bränsledrift.

Redan idag är drivmedelskedjorna elberoende genom att depåer och tankstationer inte fungerar utan el. Dessutom är de beroende av digital kommunikation för att möjliggöra ekonomiska transaktioner och lageruppdateringar. Lokalt installerad reservkraft är en grundläggande förutsättning för att komma till rätta med dessa problem men det innebär ingen garanti eftersom full funktionalitet även kräver fungerande telekommunikationer (som är elberoende) och åtkomst till externa servrar (som är elberoende).

Med ett elektrifierat transportsystem är dock de volymer el som krävs betydligt större än vad som krävs för att hålla dagens bränslesystem igång. Det innebär att beroendet av ett fungerande elsystem ökar och att de sårbarheter som finns i elsystemet blir än mer betydelsefulla för transportsystemet än de är idag. Laddhybrider som har möjlighet att utnyttja både el från elnätet och drivmedel har en flexibilitet som skulle göra dem mindre sårbara.

Med en positiv elbalans kommer ökad elektrifiering att leda till ett minskat beroende av importerade bränslen. Detta minskar utsattheten om leveranserna av bränslen hindras genom en avspärrning. Dock ska det noteras att stora mängder reservdelar och reservsystem för elsystemet importeras. Utländsk personal används också som förstärkningsresurser vid krishantering. Även om elsystemet är ett i huvudsak nationellt försörjningssystem är det med andra ord beroende av utbyte med omvärlden.

Ett elektrifierat transportsystem innebär samtidigt en mer utspridd distribution med många laddpunkter, ofta hemma hos användaren, vilket kan minska vissa sårbarheter i transportsystemet medan andra kan introduceras och beror på i vilken grad elsystemet är lätt att slå ut (vilket beror av såväl fysiskt skydd som redundans i systemet) och vilka förutsättningar som finns för ö-drift med mera, se kommande avsnitt.

Den ökade elektrifieringens specifika karaktär är avgörande för vilka möjligheter och utmaningar som kan vara aktuella för energiberedskapen. En rimlig slutsats kan tyckas vara att en ökad elektrifiering leder till ökat elberoende men även ett minskat beroende av andra energibärare. Men beroendet är inte första hand en

³³ Vätgas kan produceras från el via elektrolys och användas som reduktionsmedel men el kan också användas direkt för detta ändamål (s.k. electrowinning). Se t.ex. Åhman m.fl. (2012) och Ericsson m.fl. (2015).

volymfråga utan handlar snarare om att funktioner som tidigare inte var elbaserade blir det, och att beroendet därmed ändrar karaktär. Elsystemet är ett starkt kopplat system som karaktäriseras av momentan leverans medan exempelvis fastbränslesystem är svagt kopplade system som inte behöver fungera i varje ögonblick men ändå kan anses ha full funktionalitet.³⁴

4.3 Decentralisering av elproduktionen

Ett decentraliserat elsystem kan minska effekten på systemnivå av enskilda händelser. En förutsättning avseende decentraliseringen i sig är dock att systemen konstrueras på ett sådant sätt att det kan balansera tillförsel och på alla nivåer. En utmaning med en decentraliserad elproduktion är hur nätägarna ska kunna generera resurser för underhåll, redundans och fysiskt skydd. Regelverk och system för prissättning kommer att behöva anpassas till nya förhållanden.

I flera av scenarierna antas en utveckling mot småskalig och decentraliserad elproduktion. Den mest dominerande faktorn i denna trend är ett ökat utnyttjande av solenergi och vindkraft men även så kallad modulär kärnkraft omnämns i scenariot *Espresso*. I ett mer decentraliserat elsystem behöver flera olika aspekter med koppling till beredskapen utredas. Av dessa studeras ökat beroende av variabel elproduktion och rollen för batterier och energilagring i särskilda avsnitt (4.4 och 4.6).

Ett storskaligt, väldimensionerat och centraliserat distributions- och produktionssystem, likt det svenska elnätet på 1990-talet, brukar associeras med fysisk och funktionell robusthet men är ändå sårbart för enskilda avbrott i kritiska punkter, till följd av exempelvis eltekniska fel eller väderhändelser. För ett system med mer distribuerad funktionalitet³⁵ kvarstår de fysiska sårbarheterna men konsekvenserna för hela systemets funktionalitet, när något väl inträffar, kan skilja sig åt. Även ett decentraliserat elproduktionssystem kräver centraliserade funktioner för exempelvis balansering och handel där digitalisering skapar både möjligheter och utmaningar för energiberedskapen (se avsnitt 4.1).

En förutsättning avseende decentraliseringen i sig är dock att systemet som helhet konstrueras på ett sådant sätt att det kan balansera tillförsel mot efterfrågan på alla nivåer, det vill säga en enskild abonnent, en lokal ort eller en större region. Beroende på tillförselteknik kan balansering baseras på flexibel produktionsteknik, flexibel användning eller lager. Samtliga dessa alternativ kan

³⁴ Se t.ex. Jonsson (2005), baserat på Perrow (1984).

³⁵ Med distribuerad funktionalitet avses i detta sammanhang att systemen kan fungera segmentvis genom att styrning och optimering av nätöverföring, produktion och handel i viss mån kan ske regionalt, lokalt och i vissa avseenden på hushållsnivå oberoende av centrala system. Detta skapar exempelvis möjlighet till ö-drift av enskilda elnåtsområden.

leda till ökade kostnader. Troligtvis behöver alla tre alternativen kombineras men vilket som kommer att dominera beror både på avvägningen mellan kostnader och leveranssäkerhet samt rådande energiparadigm³⁶ och på den energitekniska utvecklingen (se bilagan, avsnitt B.3). Vad som är mest leveranssäkert behöver utredas i de enskilda fallen.

En utmaning med en decentraliserad elproduktion är att eventuellt minskade flöden på stam- och regionnätet, beroende på finansierings- och avgiftsmodell, skulle kunna leda till lägre ekonomiska intäkter för nätägaren och därmed mindre resurser att lägga på underhåll, redundans och fysiskt skydd. Det är osannolikt att decentraliseringstrenden kommer att verka fullt ut och göra stamnäten överflödiga eftersom befintlig vattenkraft, som utgör en viktig balansfunktion, finns tämligen koncentrerad i vissa delar av landet och behöver transporteras långa sträckor till konsumenten, alternativt balansera upp tillfälliga lokala och regionala produktionsunderskott. Det kan också behövas en betydande överföringskapacitet kopplat till import och export. En generell utmaning som kan uppkomma i ett framtida system är hur infrastrukturen ska finansieras. När inte huvudnyttan på samma sätt ligger i kvantiteten el som överförs utan i möjligheten/kapaciteten att överföra och balansera olika delar av systemet är det möjligt att sättet att täcka kostnader kan behöva ske på annat sätt än med huvudsakligen rörliga avgifter.

Den modulära kärnkraften innebär en annan typ av utmaningar. Dessa är inte främst kopplade till den betydelse den kan ha för elproduktionen utan risker för radioaktiva utsläpp vid olyckor eller angrepp på anläggningarna. Det är samma typ av risker som för storskalig kärnkraft och problematiken handlar bland annat om huruvida det är möjligt att hålla samma säkerhetsnivå på dessa mindre anläggningar som på de större eller om risken för attacker blir större. Å andra sidan skulle skalan för mindre anläggningar kunna innebära något mindre allvarliga konsekvenser, avseende exempelvis strålningsläckage, om något ändå händer än i större anläggningar. Detta är dock svårbedömt och beror av de enskilda kraftverkens konstruktion och placering, liksom händelsernas karaktär. Motsvarande skillnad mellan storskalig och småskalig teknik gäller risker och konsekvenser för dammbrott inom vattenkraften.

I scenarier där elkunder väljer att koppla bort sig från nätet så kan man grovt sett säga att dessa inte längre är en del av det sociotekniska elsystemet. Huruvida dessa kunder samtidigt omfattas av det ansvar för trygg energiförsörjning som staten pålagt sig själv är oklart. Mer intressant i detta sammanhang kanske inte är hur många som har kopplat bort sig utan snarare hur många som skulle kunna

³⁶ Det vill säga den rådande och dominerande synen på vad som är rimligt, rätt och riktigt för energisystemens utveckling på kort och lång sikt avseende exempelvis förutsättningarna för policy, system, teknik, konsumtion, priser, försörjningstrygghet, miljö och klimat.

kopplas bort vid exempelvis effekt- eller energibrist, för att dessa de facto skulle kunna vara självförsörjande.

Decentraliserad elproduktion är i sig egentligen inget nytt utan det som karaktäriserar denna trend är att den småskaliga produktionen är *sammankopplad och automatiserad* och att nya funktioner har tillförts t.ex. möjligheter till interaktion mellan produktion och användning. Kostnadsminskningar i produktionsteknik har fungerat som en drivkraft för decentraliseringen. Dessa kostnadsminskningar har varit en följd av en marknadsutveckling som delvis har baserats på klimat- och energipolitiska subventioner. System- och teknikutvecklingen kan på sikt också medföra att ännu fler småskaliga produktionsresurser får ekonomisk bärkraft och därigenom kan få ökad spridning på marknaden. Sammantaget minskar detta beroendet av enstaka kritiska produktionsanläggningar vilket kan ha en säkerhetshöjande effekt, liksom en potential för minskad sårbarhet för störningar på det övergripande nätet.

4.4 Ökat beroende av variabel elproduktion

Ökad andel variabel elproduktion kan behöva kombineras med ökad överföringskapacitet, laststyrning, energilager och lättreglerade elproduktionsanläggningar. Specifika geografiska förutsättningar är av betydelse för vilken kombination av dessa som är att föredra ur ett beredskapsperspektiv.

I flera av scenarierna är en decentraliserad elproduktion kopplad till en utbyggnad av sol- och vindkraftsanläggningar. Den utmaning för elsystemet som en ökad variabel elproduktion innebär är väl beskriven i många sammanhang liksom möjliga lösningar.³⁷ Vissa av dem bygger på en integration av system på stora avstånd, andra på energilager, ytterligare några utgår från att efterfrågan kan anpassas efter produktionen och slutligen andra på att den variabla elproduktionen kombineras med lättreglerade elproduktionsanläggningar. En effektiv mix av de olika lösningarna är önskvärd för att hantera denna variabilitet och kan förväntas väljas utifrån kostnadseffektivitet om inga andra prioriteringar sker.

Att lösa problematiken med att balansera variabel elproduktion genom att bygga överföringskapacitet över stora avstånd har en avgörande fördel i att det utnyttjar det faktum att väderförutsättningarna skiljer sig åt mellan olika platser. När det blåser mer i ett område kan det blåsa mindre i ett annat. Utifrån ett beredskapsperspektiv krävs därför tillförlitlig överföring oavsett om hot- och riskbilden utgörs av tekniska fel, natur- och väderhändelser eller medvetna handlingar av någon som vill störa elförsörjningen.

³⁷ Se t.ex. Purvins m.fl. (2011); Johansson (2013b); Svenska kraftnät (2015).

Även betydelsen av övriga lösningar för beredskapen beror på geografiska förutsättningar. Kommer dessa lösningar att kunna samordnas med den variabla elproduktionen om delar av nätet har slagits ut? För god systemfunktionalitet i normalfallet är god överföringskapacitet det som i allmänhet diskuteras, medan det ur ett beredskapsperspektiv skulle kunna krävas lokala energilager. Lokala energilager kan dock vara en kostsam lösning. Samordningen mellan den variabla elproduktionen och de övriga delar av energisystemet som finns för att hantera denna variabilitet kommer också kräva väl fungerande styrsystem, jämför beskrivningen i kapitel 4.1.

4.5 Det svenska elsystemets ökade integrering med omvärlden

En ökad överföringskapacitet till grannländerna kan fungera robusthetsskapande i normalfallet då den möjliggör import vid störningar i den egna elproduktionen. Om import av olika skäl förhindras kan dock andra lösningar behövas såsom förbrukningsdämpande åtgärder och reservkapacitet.

I flera av scenarierna antas en utbyggnad av elförbindelser med kringliggande länder. Detta innebär förutsättningar för en mer integrerad elmarknad inom EU där Sverige i många fall kommer att vara en nettoexportör av el och där andra länder kan vilja utnyttja svensk vattenkraft som reglerkraft. Men även som nettoexportör kan Sverige utnyttja överföringskapacitet för att täcka upp för tillfälliga underskott eller av ekonomiska skäl när den utländska elproduktionen är billigare än den svenska.

Överföringskapacitet kan i normalfallet ses som robusthetsskapande, då den möjliggör import vilket kan bidra till att minska konsekvenserna av störningar i det egna elsystemet. En nyckelfråga är då vad konsekvenserna blir av att förlita sig på möjligheterna till elimport, i det fall detta av någon orsak inte blir möjligt. Finns det förbrukningsdämpande åtgärder på plats, eller reservkapacitet tillgänglig, för att hantera eventuella bortfall? Och finns tekniska lösningar tillgängliga för att hantera balansproblem? Att säkerställa tillräcklig elproduktion för samhällsviktiga verksamheter och täcka individens grundläggande behov borde inte vara oöverstigit i något av scenarierna, om planeringen tar hänsyn till den risk som finns för bortfall av importkapacitet.

Det svenska elnätets ökade integrering med omvärlden styrs främst av ekonomisk rationalitet och en vilja att utöka marknaden genom att fler olika anläggningar med olika karaktäristika inkluderas. Detta ger förutsättningar för mer kostnadseffektiv produktion. Det svenska produktionsöverskottet, som ju är en förutsättning för nettoexport, skulle i sig kunna tolkas som att Sverige har en säkerhetshöjande reserv som skulle kunna användas i Sverige i en krissituation då viss elproduktion inte fungerar. Men på en marknad finns ingen garanti för

detta eftersom betalningsviljan styr. Andra länders beroende av svensk el baseras på förtroende och samförstånd kring marknadens funktionalitet och ingrepp på densamma. Avsteg från det samförståndet skulle kunna medföra negativa utrikes- och handelspolitiska konsekvenser för Sverige. Trots detta är bedömningen i den här rapporten att överskottet har en viss säkerhetshöjande effekt för Sverige i vissa situationer, exempelvis om förbindelserna till det kontinentala Europa bryts.

4.6 Batterier och andra energilager

Energilager är ett relevant alternativ för att balansera elproduktion och elanvändning i framtida scenarier. Bränslelager är också viktiga för reservkraft och för att hantera störningar på drivmedelsmarknaden. Batterier är en form av energilager som kan skapa nya beroenden i form av material.

Energilager spelar i flera av scenarierna en roll för att balansera den ökade mängden förnybar energi i elsystemet. Energilager för elproduktion kan finnas i olika skepnader som vattenkraftsdammar, kondensatorer, gas i power-to-gas system³⁸ och batterier. Batteriteknik är också central för den elektrifiering av transportsektorn som antas i flera av scenarierna. Men för ett robust energisystem är det inte enbart energilagring för att hantera elsystemets balansbehov som är viktig, utan även bränslelager för drift av reservkraftverk och, i större skala, bränslelager för att hantera störningar på drivmedelsmarknaden.³⁹ Lager i den senare bemärkelsen är en traditionell beredskapsåtgärd och något som i viss utsträckning regleras genom Sveriges medlemskap i IEA (International Energy Agency) och EU.⁴⁰

Med ett ökat beroende av batterier växer det fram nya materialflöden och beroenden av resursrika nationers leveransförmåga och leveransvilja. De geopolitiska implikationerna av detta är ännu inte fastlagda men forskning inom området pågår bland annat inom forskningsprojektet, Mistrageopolitics⁴¹. För att dra slutsatser kring vilken betydelse ett sådant beroende har är det viktigt att analysera resurskoncentration och substituerbarhet för olika resurser. Vad gäller valet av teknik kan en avvägning behöva göras mellan kostnadsminimering och möjligheter till en diversifierad resurstillförsel.

³⁸ Power-to-gas kan vara ett sätt att utnyttja överskottsel för produktion av exempelvis drivmedel men gasen kan även användas för att producera el.

³⁹ Av typen dagens reglerade 90-dagarslager.

⁴⁰ Se t.ex. Jonsson m.fl. (2016).

⁴¹ <http://www.mistra-geopolitics.se/> (2018-04-27)

4.7 Ökad användning av biodrivmedel

En ökad mängd biodrivmedel skapar förutsättningar för minskat importberoende under förutsättning att en större del av dessa biodrivmedel produceras i Sverige. Gruppen biodrivmedel består av flera olika energibärare och kan produceras från flera olika typer av råvaror. Detta kan på systemnivå skapa en diversitet. Om detta skapar en ökad robusthet för systemen beror dock på graden av diversitet och flexibilitet hos enskilda användare eller användargrupper.

I flera av scenarierna antas en ökad användning av biodrivmedel. Det ligger väl i linje med den pågående utvecklingen där användningen av biodrivmedel år 2016 uppgick till cirka 19 % av energianvändningen i transportsektorn att jämföra med knappt 6 % 2010⁴². Utvecklingen går i scenarierna parallellt med en kraftig elektrifiering (se ovan) även om det varierar mellan scenarierna var i transportsektorn biodrivmedlen används.

Idag används flera olika biodrivmedel i den svenska transportsektorn och detsamma gäller i framtidsscenarierna. Dessa drivmedel skiljer sig åt avseende i vilken grad de kan användas som rent bränsle i konventionella fordon, som låginblandning i fossila drivmedel eller om de kräver anpassade fordon för sin användning. Idag dominerar importerade biodrivmedel på den svenska marknaden, framför allt av ekonomiska skäl. År 2016 var nära 90 % av de importerade bränslena importerade.⁴³ Tillgänglighet och pris på importerade biodrivmedel beror på situationen på den globala råvarumarknaden (se bilagan, avsnitten B.2.1 och B.2.3). Import av biodrivmedel kan komma att minska som en följd av att bränslen från vissa restprodukter föreslås komma att klassificeras om till så kallade samprodukter och då inte blir förenliga med hållbarhetskraven som är kopplade till EU:s direktiv om förnybara energikällor.⁴⁴ Detta kommer att göra att vissa bränslen inte längre kommer att kunna räknas av mot EU-målen och inte heller vara berättigade till subventioner. I scenarierna finns en global handel med biodrivmedel där viss import sker till Sverige medan Sverige i andra scenarier är en tydlig nettoexportör.

Ett ökat antal olika biodrivmedelstyper skapar både möjligheter och utmaningar för energiberedskapen. Å ena sidan skapar en bredd i såväl råvaru- som drivmedelstillförsel en diversitet som kan vara robusthetsskapande. Men på slutanvändarsidan kan det vara en bedräglig diversitet i den mån användningen av de olika alternativen är fördelad på segment där varje användare fortsatt är beroende av enskilda drivmedel. Det krävs en viss grad av såväl diversitet som flexibilitet även på konsumentens sida för att en verklig robusthet ska finnas i systemet som helhet.

⁴² Energimyndigheten (2017).

⁴³ Ahlgren m.fl. (2017).

⁴⁴ Ahlgren m.fl. (2017).

Om flera olika drivmedel ska finnas tillgängliga på en enskild drivmedelsstation är det kostnadsdrivande, vilket kan göra att mindre stationer kan få ekonomiska problem. Detta är något som kan förstärka de problem som kan följa av minskade drivmedelskvantiteter totalt sett, som en följd av energieffektivisering (se avsnitt 4.9).

I Sverige finns stora bibränsleresurser som skulle kunna göra svensk transportsektor betydligt mindre beroende av import. Om det i själva verket blir så beror på i vilken grad bibränsleresurserna kommer att användas för svenska transportbehov eller om de i stället används för andra ändamål (el, värme, material, export etc.). Detta beror på ett stort antal parametrar såsom graden av energieffektivisering i samhället, utvecklingen av fossilfria alternativ för el och värmeproduktion och betalningsviljan i olika sektorer och länder. Det senare beror i stor grad på de styrmedel som införs i olika länder och olika sektorer.

För den svenska drivmedelsförsörjningen under kris och krig i framtiden är det mindre viktigt om de drivmedel som under normaltillståndet används inom landet också produceras där. Istället är det viktigare att det finns en tillräcklig produktionskapacitet för nödvändiga drivmedel eller att en kapacitet snabbt går att bygga upp.

Användning av biodrivmedel i flexi-fuelfordon eller tillsammans med el i laddhybrider innebär, som nämndes under 4.2, en ökad flexibilitet på aktörsnivå och en ökad robusthet på systemnivå jämfört med fordon som kan använda endast ett drivmedel.

4.8 Ägandeförhållanden

Ägandet av kritisk infrastruktur har under de senaste decennierna i allt större grad förflyttats till privata aktörer. Konsekvenserna av detta för beredskapen beror bland annat på vilka de privata aktörerna är och vad syftet med ägandet är, i vilken grad regleringen anpassats för att säkerställa tillsyn, nödvändiga investeringar och möjligheten att agera om ägare agerar mot svenska intressen under höjd beredskap och krig.

Ägandet av kritisk infrastruktur har sedan 1990-talet i allt större grad förflyttats till privata aktörer. Detta har setts som en naturlig del av den pågående omregleringen av bland annat elmarknaden.⁴⁵ På senare tid har kontrollen av den kritiska infrastrukturen i allt högre grad pekats ut som en potentiell riskfaktor som kan utnyttjas för att påverka ett annat land såväl i krig som i ett gråzonsläge⁴⁶ (se även bilagan, avsnitt B.2.5).

⁴⁵ Även marknaden för telekommunikationer har genomgått en liknande process.

⁴⁶ Jonsson (2018).

Nya ägarförhållanden behöver inte vara något problem men kan skapa svårigheter vad avser exempelvis tillsyn. Trenden att ”värdepapperisera” tillgångar gör att ansvariga myndigheter kan få svårt att både möta och identifiera en relevant motpart. Det kan exempelvis röra sig om en utländsk pensionsfond som investerar i en andel av ett elnät. Ett annat problem är att ägandet kan anonymiseras via olika bolagskonstruktioner som är kopplade till varandra. Det är främst i det fallet det kan finnas oro för att det bakom ägandet skulle kunna finnas en fientligt sinnad stat eller organisation som vill skada eller påverka Sverige.

I scenariot *Espressivo* har privata aktörer tagit över stamnätet och kontrollerar därmed överföringen av el mellan olika delar av landet och de olika regionnäten. Vad det innebär för beredskapen beror på flera faktorer, som kan fordra särskilda studier:

- Hur myndighets- och tillsynsansvaret har arrangerats.
- Vem eller vilka som slutligen har det nationella balansansvaret och till vilken grad den eller dessa har de tekniska och praktiska möjligheterna att ansvara för driften av stamnätet liksom att sköta underhåll och planera för och genomföra nätutbyggnad och nätförnyelse.
- Vilka de privata aktörerna är och vilka underliggande syften ägandet har. Finns det någon underliggande orsak till övertagandet utöver rent ekonomiska? Detta kan vara svårt att utröna eftersom ägandet i flera av dessa sammanhang är mycket komplext.
- Hur regleringen har utvecklats i förhållande till den nya situationen i det aktuella scenariot. Hur har exempelvis Svenska kraftnäts roll som balansansvarig påverkats och vilka förutsättningar har de att agera under en krissituation. Om en privat ägare agerar mot svenska intressen under höjd beredskap och krig, i vilken grad och hur tillåter svensk lag myndigheter att agera?

4.9 Kraftig energieffektivisering

Energieffektivisering ger i grunden en förbättrad energiberedskap, men om energisystemet anpassas efter denna till exempel genom färre tankställen eller drivmedelsdepåer kan de återstående bli i större behov av skydd.

I de flesta av de fyra framtiderna antas en betydande energieffektivisering. I flera fall innebär effektiviseringarna en minskad energianvändning i absoluta tal. En lägre total energianvändningsnivå minskar samhällets sårbarhet för ökade marknadspriser på energi och kan även förväntas minska de mängder energi som behöver importeras under en krissituation. Behovet av transporter för drivmedelsdistribution kommer också att minska. Allt annat lika är det svårt att

se annat än synergier mellan effektiv energianvändning och god energiberedskap.⁴⁷

Mycket talar dock för att energisystemet av ekonomiska skäl kommer att anpassa sig efter lägre energiflöden. Tankställen som på grund av energieffektivisering säljer mindre volymer kan få svårare att överleva ekonomiskt, om minskningen i volym inte kan kompenseras med högre priser. På samma sätt kan det bli svårare att motivera behovet av lika många drivmedelsdepåer. Med färre antal depåer och längre avstånd mellan dem kan var och en bli mer viktig för en bra funktionalitet i samhället, och därmed också viktigare att skydda.

En ytterligare aspekt är att, om elanvändningen minskar, kostnaderna för ett robust elnät måste fördelas på en mindre volym vilket kan leda till ökade kostnader per kWh för distribution, en kostnad som behöver tas ut av konsumenterna. I framtider där energieffektivisering kombineras med decentraliserad, variabel elproduktion och flexibel efterfrågan (se avsnitten 4.3 och 4.4) kommer nya system för prissättning bli nödvändiga.

4.10 Nya livsstils- och samhällstrender

Nya livsstils- och samhällstrender som resurssnål livsstil, ökad självförsörjning och ett mindre homogent samhälle kan påverka såväl förväntningarna på vad energisystemet ska kunna leverera och hur väl hushåll kommer att klara sig under störda förhållanden. Trenderna täcker inte självklart alla medborgare och olikheterna i förutsättningar måste beaktas av myndigheterna i sin beredskapsplanering.

I framför allt scenarierna *Legato* och *Espressivo* antas olika livsstils- och samhällstrender få ökad utbredning. Det handlar om:

- Resurssnål livsstil och frivillig enkelhet (*Legato*)
- Ökad grad av självförsörjning (*Legato* och *Espressivo*)
- Minskad privatbilism (*Legato*)
- Mindre homogent samhälle med ökad mångfald och individuella lösningar (*Espressivo*) (se även bilagan, avsnitten B.2.7 och B.2.8).

Även om det är oklart exakt vilken spridning dessa trender får i scenarierna, får de betydelse inte bara för energisystemets utveckling utan kan också påverka förutsättningarna för beredskapsarbetet.

Trenden i riktning mot frivillig enkelhet kan påverka de förväntningar som ställs på servicenivå och kvalitet i energileveranserna. Det skulle kunna påverka hur

⁴⁷ För en bredare diskussion kring kopplingen mellan energieffektivisering och energisäkerhet se Jonsson och Johansson (2013).

stora störningar som kan accepteras av befolkningen innan förtroendet för samhällets funktioner påverkas. Men detta resonemang är till stor del spekulativt, eftersom det kan vara skillnad på en enkel livsstil som är självvald och förutsägbar och den med enkla förhållanden som uppkommer utanför den egna kontrollen. Vidare kan frivillig enkelhet manifesteras på olika sätt och behöver kanske inte genomsyra hela vardagslivet. Vissa kanske fokuserar på minskad energianvändning och minskade transporter medan andra undviker materiell konsumtion. Personer som prioriterar digital konsumtion och underhållning framför materiell konsumtion står sannolikt för en mindre sammantagen energianvändning i ett livscykelperspektiv men har likväl en elberoende livsstil.

Trenden mot ökad självförsörjning borde dock skapa en ökad beredskap för hushållen att klara sig själva under störda förhållanden. Det finns rimligtvis en vana att söka egna lösningar för att hantera de problem som uppstår. Ett hushåll som huvudsakligen är självförsörjande blir inte lika beroende av att bransch och myndigheter förmår att upprätthålla en fungerande energimarknad. Dock är det inte självklart att trenden mot ökad självförsörjning täcker in hela hushållets energiförsörjning utan kan exempelvis vara fokuserad på el och värme och i mindre grad på drivmedel. Det innebär att beroendet av att vara en del av systemet är olika starkt för olika delar av hushållets energianvändning. Förutsättningarna för att i ökad grad vara självförsörjande på energi kommer också vara olika mellan hushåll i urban miljö och hushåll på landsbygden (se bilagan, avsnitt B.2.7), liksom att skillnader kommer att finnas mellan hushåll som bor i flerbostadshus jämfört med småhus. Även andra demografiska aspekter talar för att självförsörjningsgraden kommer att skilja sig åt mellan hushållen, vilket måste beaktas av myndigheter vid deras planering av beredskapen.

Trenden mot ett mindre homogent samhälle med mer mångfald och individuella lösningar presenteras i scenariot *Espressivo* som ett avsteg från central styrning och storskaliga lösningar. Om detta är en generell samhällstrend kan det förväntas påverka myndigheters möjligheter att arbeta med beredskapsfrågor då legitimiteten för detta kan vara försvagad. Myndigheters roller och strategier kommer då att behöva anpassas efter detta. Hur det ska gå till är dock svårt att säga något specifikt om.

Trenden med en minskad privatbilism kommer att, om den får stort genomslag, få stor inverkan på bland annat drivmedelsdistributionen. Det kan innebära (förutom en lägre energianvändning) att en större andel av drivmedlen distribueras via depåer än via tankställen riktade mot privatpersoner och dessa kan då förväntas glesas ut ytterligare. Det kan öka svårigheterna för de privatbilister som finns kvar. Om det samtidigt kombineras med en förväntan om ett ännu bredare drivmedelsutbud från privatbilisterna kan det skapa ytterligare utmaningar för drivmedelsleverantörerna.

5 Perspektiv på beredskapsplanering för energisystem i förändring

I det föregående kapitlet beskrevs de utmaningar och möjligheter som olika framtida utvecklingsinriktningar kan skapa. Detta kapitel innehåller en diskussion kring hur dessa utmaningar ska kunna hanteras och hur de möjligheter som finns verkligen ska kunna utnyttjas. Inledningsvis diskuteras viktiga faktorer för att bygga beredskap inom energiområdet. För detta tar vi utgångspunkt i en typologi som syftar till att strukturera systems riskhanteringsförmåga och som har tagits fram i ett tidigare forskningsprojekt finansierat av Energimyndigheten. Efter detta diskuteras övergripande principer för beredskapsplanering i ett framtidsperspektiv.

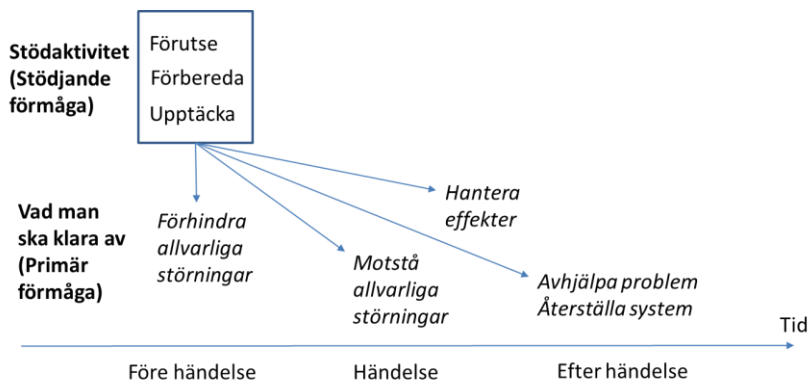
Slutligen diskuteras lämpliga indikatorer för att följa upp beredskapsförmågan i energisystemet. Dessa indikatorer kan också vara av värde att beakta i framtidsanalyser och de kan konkretisera vilken typ av information som en scenarioskapare behöver inkludera i scenariobeskrivningarna för att det ska vara möjligt att analysera och bedöma förutsättningarna för god energiberedskap i de olika scenarierna.

5.1 Att bygga beredskap

Beredskapsförmågan i energisystemen karaktäriseras av faktorer som tillförlitlighet, robusthet, flexibilitet, anpassningsförmåga, återställnings- och hanteringsförmåga. Förmågan påverkas i sin tur av energisystemens tekniska struktur, tillgången till naturresurser, ekonomiska resurser som satsas på förmågebyggande åtgärder, existerande institutioner samt enskilda aktörers kompetens, planering och prioriteringar.

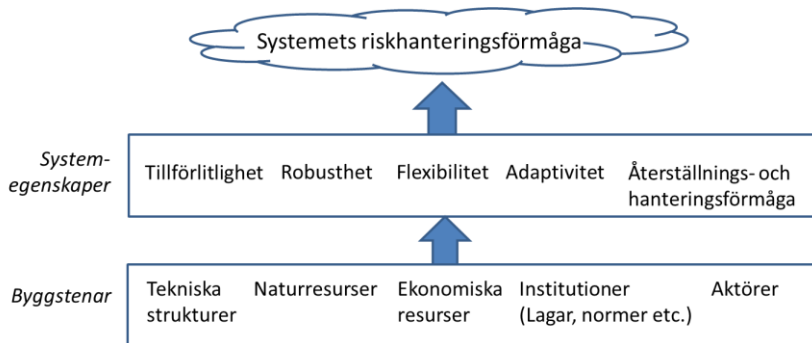
Beredskapsförmåga för energisystemet kan förstås i flera olika dimensioner. I ett forskningsprojekt med inriktning bland annat mot bättre förståelse av förmågebegreppet utvecklades ett angreppssätt för att studera ett systems riskhanteringsförmåga som vi bedömer är användbart i föreliggande rapport.⁴⁸ Den totala förmågan antas bestå av primära och stödjande förmågor som påverkar de olika riskhanteringsfaserna, se Fig. 1.

⁴⁸ Projektet genomfördes vid FOI på uppdrag av Energimyndigheten, se Johansson m.fl. (2016) och Veibäck m.fl. (2016).



Figur 1. Olika typer av aktiviteter för vilken olika aktörer och system behöver en förmåga.⁴⁹

För ett systems riskhanteringsförmåga är ett antal systemegenskaper viktiga. Till dessa systemegenskaper bidrar ett stort antal byggstenar som kan kategoriseras i fem olika grupper, se Fig. 2.



Figur 2. Skiss på hur ett systems riskhanteringsförmåga kan förstås.⁵⁰

En djuplodande genomlysning av energisystemets beredskaps- och riskhanteringsförmåga i ett framtidsperspektiv är ett större arbete än vad som varit möjligt i den här rapporten. Beskrivningarna nedan, utifrån de fem olika grupperingarna av byggstenarna, är allmänt hållna med enstaka exempel men utgör en grund för den vidare diskussionen kring lämpliga beredskapsåtgärder längre fram i avsnitt 5.4.

⁴⁹ Veibäck m.fl. (2016).

⁵⁰ Baserad på Veibäck m.fl. (2016).

5.1.1 Tekniska strukturer

Den tekniska designen på energisystemen är av mycket stor betydelse inte minst för graden av tillförlitlighet, robusthet och flexibilitet. Det kan röra sig om tillgång på redundans i överföringssystem, bränslelager, batterier eller andra sätt att lagra energi, se t.ex. avsnitt 4.6. Även antalet lastbilar tillgängliga för drivmedelstransporter kan ses som en del av de tekniska strukturerna, liksom tillgången på effektiva styrsystem för att säkerställa balansen mellan tillförsel och efterfrågan. Antalet tankställen och deras geografiska spridning är också en del av den tekniska strukturen som kan påverka systemens sårbarhet.

De tekniska systemens inneboende flexibilitet är också en central faktor för att underlätta energiförsörjning under störda förhållanden. Fordon med dubbla drivsystem, fjärrvärme- och elsystem med flera produktionsanläggningar, flera sätt att distribuera bränslen (exempelvis lastbil och tåg) är samtliga exempel på system som ökar flexibiliteten och som på så sätt minskar systemens sårbarhet. Samtidigt kan en utbyggnad av en diversitet på systemnivå genom många olika alternativa energibärare ofta inte bibehållas hos det enskilda tankstället, alternativt, om krav på denna bredd regleras, leda till en försämrad ekonomi hos distributören med möjliga nedläggningar som följd. På systemnivå kan tekniska lösningar som möjliggör ö-drift göra elsystemet mer anpassningsbart om störningar uppkommer.

En utmaning med att säkerställa riskhanterings- och beredskapsförmåga i system i förändring är det faktum att systemen inte förändras från ett gammalt tillstånd till ett nytt över en natt. Under systemomställningen, som tar år och decennier, kan därmed olika principer för hur man exempelvis åstadkommer flexibilitet och robusthet bli tvungna att samexistera. Detta skapar ytterligare utmaningar för såväl aktörerna som bygger och driver systemen som för ansvariga myndigheter som förväntas etablera tydliga, gärna entydiga, spelregler för branschen, samt följa upp beredskapsutveckling via tillsyn och indikatorer. Detta gäller givetvis till exempel institutionella aspekter men är särskilt tydligt avseende tekniska strukturer där gamla och nya fysiska komponenter (kanske utvecklade utifrån helt olika energiparadigm) sammantaget ska bidra till god energiberedskap.

Ytterligare en aspekt av den tekniska strukturen med betydelse för beredskapen är fysiskt skydd mot attacker. Det kan gälla allt ifrån centrala noder i elöverföringssystemet till transformatorstationer, bränsledepåer och importhamnar. De tekniska skydd som installeras i IT-systemen kan också ses som en del av det fysiska skyddet.

Fysiskt skydd kan som en ytterlighet vara liktydigt med fortifikatoriskt skydd, till exempel i form av berggrum eller befästningar, men vanligen avses med fysiskt skydd tillträdesbegränsningar, såsom låsta dörrar och staket. Elsystemet kan betraktas som Sveriges största sammanhängande och vittförgrenade tekniska

konstruktion och det är inte möjligt att samtliga viktiga delar ska ha fysiskt skydd.

I prioriteringen av vad som ska skyddas måste ofta avvägningar göras mellan skydd av systemkomponenter som utgör stora ekonomiska värden respektive skydd av komponenter som kanske inte kostar så mycket men är kritiska för systemets funktionalitet. Utifrån ett renodlat ekonomiskt perspektiv blir det i vissa fall mer gynnsamt att låta bli att skydda vissa relativt sett billigare komponenter men ersätta dessa om de förstörs. Utifrån ett renodlat funktionalitetsperspektiv skyddas alla kritiska komponenter oavsett vad skyddet kostar och oavsett värdet på skyddade och oskyddade komponenter. I verkligheten måste en avvägning mellan dessa perspektiv göras.

5.1.2 Naturresurser

Tillgången på naturresurser i form av fossil energi och förnybar energi såsom biobränslen och flödande förnybara energikällor (vind och sol), är en central del av energisystemet eftersom det bygger på omvandling av dessa naturresurser till användbara energibärare som el, fjärrvärme och drivmedel. Medan historisk tillgång och tillförsel av fossila bränslen, kärnbränsle och vattenkraft var nyckelområden under 1900-talet målar flertalet av scenarierna i Fyra framtider upp biobränslen, vind och sol som nya resurser som energisystemet kommer bli alltmer beroende av.⁵¹

Valet av naturresurser påverkar systemen på olika sätt. Ökad användning av väderberoende energislag som vind och sol kommer att påverka möjligheterna till elanvändning om inte produktionen balanseras med annan produktion, lager eller flexibel energianvändning. Naturresurserna är å andra sidan relativt utspridda så den potentiellt konfliktskapande resurskoncentrationen för fossila bränslen kan delvis undvikas.⁵² Det är värt att notera att även vattenkraften är en flödande resurs med potentiellt stora fluktuationer i produktionen. Detta kan och har hanterats genom användningen av stora lager i form av dammar.

Biobränslen är en energiresurs som i stor grad finns tillgänglig i Sverige. En mycket stor del av den biomassa som används i det svenska energisystemet är inhemsk men om man ser till de biodrivmedel som används idag är större delen importerad. Det är med andra ord inte självklart att inhemsk råvara används även om den finns tillgänglig. Orsaken kan vara ekonomisk. Det viktiga för beredskapen vid en mer omfattande tillförselstörning⁵³ är inte heller hur försörjningen ser ut vid normala förhållanden utan snarare om förutsättningarna

⁵¹ Biobränslen har länge spelat en stor roll i det svenska energisystemet. Den nya rollen är framför allt den ersättning av fossila bränslen som sker i allt högre grad inom transportsektorn.

⁵² Se t.ex. Månsson (2015).

⁵³ Till exempel vid en avspärrning vid en krigssituation där sjöleveranser inte är möjliga.

för att snabbt ställa om till inhemsk produktion finns. Det kräver tillräcklig kapacitet i befintliga anläggningar och tillgänglig kompetens. För att upprätthålla detta krävs ekonomiska resurser, se avsnitt 5.1.3.

Vissa naturresurser som används i energisystemet som primära energiresurser är av annan karaktär än de bränslen som tidigare har varit mest vanligt förekommande. Exempelvis är sol och vind resurser som inte utvinns och förädlas på ett traditionellt sätt utan snarare tillvaratas med hjälp av de tekniska strukturerna (se föregående avsnitt). Värmepumpar är ett liknande exempel. Det är viktigt att tidigt inse karaktärsskillnaderna mellan traditionella och nyare naturresurser och att ta hänsyn till dessa olikheter vid planering och utformning av det institutionella ramverket (se avsnitt 5.1.4). Detta krävs för att inte ett energisystem i förändring periodvis ska riskera en försämrad beredskapsförmåga till följd av att utvecklingen av villkor och spelregler för den rådande energiproduktionen har blivit omodern.

5.1.3 Ekonomiska resurser

Ekonomiska resurser är centrala för ett stort antal aspekter kopplade till energiberedskapen. Det finns i allmänhet en *trade-off* som innebär att minskad risk kommer med extra kostnader. Detta är en avvägning som på övergripande nivå måste hanteras genom politiska avväganden.⁵⁴

Redan den planering för energiberedskap som går utöver den ordinarie verksamheten innebär en ökad kostnad för de olika aktörerna. Därutöver innebär investeringar i robusta tekniska strukturer och fysiskt skydd ytterligare kostnader. Långtidslager av bränsle och produktionsanläggningar i malpåse är inte gratis och detsamma gäller inbyggd diversitet i system eller på aktörsnivå. Det finns mycket som talar för att sådana åtgärder kan vara värda sina insatser, men det kan då behövas ytterligare insatser som måste betalas antingen av konsumenter, energiföretag eller av det offentliga. Hur den fördelningen ska se ut kommer att vara nödvändigt att hantera i en planering för ökad energiberedskap.

Slutligen kommer ekonomiska resurser att vara centrala för att kunna hantera en allvarlig störning eller en krigssituation. De enskilda konsumenterna (såväl privata som offentliga) kan komma att möta ökade energipriser som behöver kunna hanteras om energin ska införskaffas, antingen genom egna ekonomiska resurser eller genom stöd av det offentliga. Samhället kan behöva leverera samhällsservice på alternativa sätt vid elavbrott eller stoppad drivmedelsförsörjning vilket kan kräva ekonomiska resurser. Detsamma kommer

⁵⁴ Individer och företag gör ofta liknande avvägningar t.ex. genom försäkringar eller i sina investeringsstrategier.

att krävas för återuppbyggnaden av förstörda system, vilket kan vara resurskrävande.

Hur de ekonomiska resurserna för energiberedskap ska uppbibras (eller i extremfallet *om* energiberedskap överhuvudtaget prioriteras) beror på omvärldsfaktorer såsom rådande marknadspadigm, modell för samhällsstyrning, internationella regelverk etc. (se relevanta omvärldsfaktorer i bilagans avsnitt B.2.9, B.3.1, B.3.2, B.3.3). Ska energiberedskapen till exempel ses som en grundläggande faktor för att företag ska kunna verka på marknaden och säkras genom reglering eller ska beredskapen finansieras genom statliga bidrag som tas in via skattsedeln? Eller ska det allmänna ha större kontroll över energiförsörjningen än vad dagens energiparadigm innebär och därmed säkra energiberedskapen genom egna investeringar?

5.1.4 Institutioner

Regelverk och normer är centrala för hur energiberedskap ska kunna utvecklas. Det gäller alla riskhanteringsfaser från planering till hantering och återställande. Regelverken behöver anpassas efter förändringar i energisystemens struktur, utvecklingen av andra omvärldsförhållanden samt förändringar i andra institutioner och samhällsnormer. Detta är en genuin utmaning.

Energimarknadens aktörer efterfrågar tydliga och långsiktiga spelregler, inte minst för att med viss förutsägbarhet kunna bedöma om stora investeringar kan räknas hem på sikt. Å andra sidan kräver ett system i förändring en viss institutionell flexibilitet för att inte lagar och regler alltför snabbt ska bli inaktuella. För att undvika ständiga lag- och regeländringar finns då en risk för att det institutionella ramverket utformas alltför generellt och därmed inkluderas inte de nödvändiga nyanser som krävs för att säkra energiberedskapen i ett diversifierat energisystem (se även avsnitt 5.1.2).

De olika energimarknaderna är i den svenska kontexten, och i andra marknadsorienterade länder, grundläggande institutioner för att hantera energiförsörjningen. Dessa institutioner kan inte förväntas vara statiska i framtiden utan kommer att påverkas av de förändrade strukturer och organisationsformer som nya tekniska lösningar möjliggör. Förskjutningen av globalt inflytande från OECD-länder till länder som Kina med en annan syn på marknadsroll kan i sin tur påverka de globala marknadernas struktur (se bilagan, avsnitten B.2.1, B.2.5, B.2.6).

De regelverk som finns för krishantering och civilt försvar baserar sig på ett antal principer som närhetsprincipen, ansvarsprincipen och likhetsprincipen.⁵⁵ Individens egenansvar och samverkan mellan aktörer är också viktiga delar. Det

⁵⁵ Riksrevisionen (2018) noterar dock att t.ex. ansvarsprincipen inte är reglerad enligt lag och därför inte direkt styrande för privata aktörer.

civila försvaret ska också enligt dagens doktrin bygga på den fredstida krisberedskapen.⁵⁶ Det är inte självklart att dessa principer kommer att stå orörda oavsett samhällsförändringar som kan ske på längre sikt. Det kan till exempel handla om hur befolkningen ser på gemensamma lösningar, något som accentuerades i scenariot *Espressivo*. Möjligheterna och viljan till privat-offentlig samverkan skulle kunna påverkas av ökat utländskt ägande.

De regelverk som berör beredskapsfrågor på energiområdet kommer också vara tvungna att anpassas till förändrade förhållanden. Till exempel kommer regelverk som hanterar beredskapslagring av olja att behöva anpassas för en framtid där försörjningstryggheten i mindre grad baseras på fossila oljeprodukter, utan i stället på förnybar energi. Ett annat exempel är att den ökade digitaliseringen gör att energiregelverket sannolikt måste breddas till att inte bara inkludera utan även tydligt ställa krav på IT-säkerhet i energisektorn. Vidare ställer det svenska elsystemets ökade integrering med omvärlden krav på att olika länders institutionella ramverk kan fungera tillsammans. En utmaning för energiberedskapen kan uppkomma om de olika berörda länderna har olika syn på såväl energiberedskapens prioritet som vilka hotbilder man ska dimensionera säkerheten efter.

5.1.5 Aktörer

Aktörernas roller i energiberedskapen är centrala ur två perspektiv, dels som målgrupp för beredskapen; dels som centrala byggstenar för att bygga energiberedskap. I ett demokratiskt samhälle är det medborgarna (som också är energianvändare) som i slutändan bestämmer vilka krav som kan ställas på det offentliga vad gäller ett väl fungerande energisystem och vilka störningar som är acceptabla i olika typer av kriser. Deras syn på detta liksom den allmänna synen på det offentliga roll påverkar i sin tur i vilken grad och på vilket sätt förtroendet för samhällsinstitutionerna påverkas av ett mindre väl fungerande energisystem.

Inom socioteknisk systemteori brukar det lyftas fram att det, i ett systems uppbyggnads- eller förändringsfas, är viktigt att samtliga relevanta aktörer är involverade⁵⁷ så att inte utvecklingen senare får ett bakslag för att man har missat att hantera problem eller perspektiv som då visar sig vara relevanta.⁵⁸ Stora systembyggen har historiskt skett uppifrån och nedåt och därmed har de slutliga systemanvändarnas perspektiv ofta förbisetts.

⁵⁶ Se t.ex. Johansson m.fl. (2017).

⁵⁷ Exempelvis att systemoperatörens tjänsteperspektiv ges utrymme att påverka systembyggarens planering och fysiska genomförande, att konsumenter och medborgare ges möjlighet att tycka till (t.ex. som vid samråd för detaljplaner) och att lagstiftaren medvetengörs om eventuella framtida lagändringsbehov.

⁵⁸ Kaijser (1994).

Utvecklingen av ett mer decentraliserat elsystem, se avsnitt 4.3, kan få den omvända problematiken, dvs. att myndigheter och större aktörer inte ”hängar med”. Samtidigt riskerar små aktörer såsom hushåll och mindre företag att inte förstå konsekvenserna av den förändringsprocess mot ett decentraliserat elsystem där de själva är drivande. Detta eftersom de inte har möjlighet eller kompetens att överblicka systemutvecklingen som helhet, exempelvis hur små enskilda förändringar på lokal nivå kan generera försörjningsstrygghetsproblem på en högre nivå i händelse av kris eller krig.

Viljan hos olika aktörer att agera såväl förebyggande som hanterande kan bero på allt ifrån hotförståelse, försvarsvilja som synen på den egna rollen i samhällsbygget. I scenario *Espressivo* antas ett mindre homogent samhälle med större roll för individuella lösningar. Vilken roll det offentliga ska ha i ett sådant samhälle är inte självklart och skulle vara värt en egen studie.

Den ökade globaliseringen och ett ökat utländskt ägande inom energiområdet ställer också frågan vilka initiativ för att stärka Sveriges krisberedskap och försvarsförmåga som dessa kan förväntas delta i. Önskvärdheten att involvera dem i vissa förberedelser inom civilt försvar kan också begränsas av svårigheten att hantera sekretessfrågor.

5.2 Principer för beredskapsplanering i ett framtidsperspektiv

Beredskapsplanering måste kunna hantera föränderliga system där det inte finns någon given slutpunkt samtidigt som aktörerna behöver ett rimligt långt perspektiv för att motivera sina åtgärder. Det gör att beredskapsstrategier behöver balansera mellan robusthet och anpassningsförmåga. Såväl robusthet och flexibilitet är viktiga egenskaper i långsiktiga beredskapslösningar.

Principerna för beredskapsplanering i ett framtidsperspektiv omfattar övergripande sett avvägningar på tre olika nivåer:

- Balansen mellan en proaktiv och reaktiv ansats i beredskapsplaneringen
- Balansen mellan robusthet och adaptivitet i beredskapsstrategierna
- Balansen mellan robusta och flexibla lösningar

Dessutom behöver man i en planeringsprocess hitta en balans mellan att fokusera på beredskapsproblem ”under resans gång” respektive i det tänkta framtida ”slutmålet”.

För att den fortsatta diskussionen ska vara begriplig är det lämpligt att kortfattat försöka definiera ovanstående begrepp:

Proaktiv planeringsansats: En planeringsansats som utgår från att det är möjligt att förstå framtida händelseutvecklingar och planeringsosäkerheter och att

planera framtida system med utgångspunkt i detta. Scenarier är ett centralt verktyg i denna planeringsansats.

Reaktiv planeringsansats: En ansats som inte utgår från bedömningar av framtida händelseutvecklingar utan bygger system med generella förmågor som bedöms vara användbara i samtliga framtider.

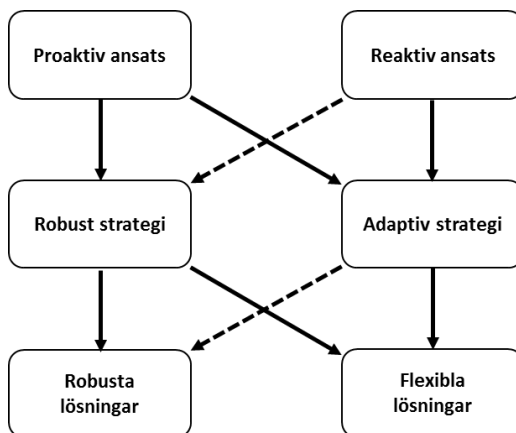
Robust strategi: En strategi som är tänkt att ligga fast och fungera väl i samtliga tänkbara och relevanta framtider.

Adaptiv strategi: En strategi som möjliggör att planeringsinriktningen snabbt kan anpassas efter ny kunskap. Långsiktiga inlåsningar undviks i största möjliga grad.

Robusta lösningar: Lösningar som, med bibehållen grundstruktur, fungerar tillfredsställande när de utsätts för påfrestningar.

Flexibla lösningar: Lösningar som, med hjälp av anpassning och förändring i olika delfunktioner, fungerar tillfredsställande när de utsätts för påfrestningar.

Hur planeringsansatser, strategier och lösningar förhåller sig till varandra åskådliggörs i nedanstående Fig. 3.



Figur 3. Principskiss över kopplingar mellan planeringsansats, strategi och lösningar.⁵⁹

⁵⁹ Det finns olika sätt att se på scenarioplaneringens resultat och därmed olika använda terminologier, vilket kan vara något förvirrande. Här presenteras robusta och adaptiva strategier som i sin tur leder fram till robusta och flexibla lösningar. En annan variant är att se all form av framtidsinriktad planering som robust, och därmed resulterar i robusta strategier som kan delas in i huvudtyperna statiska och flexibla strategier. Där blir flexibla robusta strategier en annan benämning för adaptiva strategier. Se t.ex. Maier m.fl. (2016) och Wikman-Svahn (2016).

En proaktiv ansats kan förhålla sig till framtida planeringsosäkerheter via robusta eller adaptiva strategier, medan den reaktiva ansatsen i första hand medför adaptiv strategi, snarare än robust strategi (därav streckad pil i figuren). Robusta strategier karakteriseras av en allmängiltighet inför tänkbara framtida utvecklingar, den ska funka nästan oavsett vad som händer, medan adaptiva strategier undviker system och strukturer som kan medföra framtida inlåsningsar. Robusta strategier kan innehålla såväl robusta som flexibla lösningar medan adaptiva strategier i första hand leder till flexibla lösningar, snarare än robusta lösningar (därav streckad pil i figuren). En adaptiv strategi kan dock också generera robusta lösningar så länge de inte innebär långsiktiga låsningar.

5.2.1 Balansen mellan en proaktiv och reaktiv ansats i beredskapsplaneringen

En renodlad reaktiv ansats för beredskapsplanering skulle vara att överhuvudtaget inte tro sig veta något om framtiden utan endast betrakta utvecklingen och agera därefter. Det innebär att inte spekulera i eventuella framtida problem utan att identifiera dessa när de uppkommer. Så länge som inga kostsamma kriser inträffar är detta den i särklass billigaste strategin. Här finns dock en risk att man skjuter kostnader dels till framtiden, dels till andra aktörer, som får stå för oförberedd hantering när kriser inträffar.

En reaktiv ansats behöver inte baseras på omvärldsanalys och fördjupade framtidsperspektiv utan kan fokusera på generella resurser för krishantering som kan vara användbara oavsett vilka hot som skulle kunna tänkas uppstå. Ett ännu mer passivt och reaktivt förhållningssätt skulle vara att inte satsa på några generella resurser alls, dvs. avstå från krisberedskap. Möjligheten att påverka framtidsfaktorer med betydelse för beredskapen kräver identifiering av dessa, vilket i sådana fall kräver en proaktiv ansats. Men om en genuint stor osäkerhet om framtiden anses råda, dvs. eventuella framtidsanalyser är att betrakta som bortkastad tid, så är inte den reaktiva ansatsen fel. De trender vi diskuterar i kapitel 4 visar dock att det på energiområdet finns anledning att vara proaktiv.

En mer proaktiv ansats utgår från att försöka bättre förstå vad som kan hända och anpassa sin beredskap utifrån det, genom att försöka minimera risken för en allvarlig störning och minska sårbarheten för störningens effekter. Ansatsen kräver att man försöker hantera framtida osäkerheter och det görs ofta genom *scenarioplanering*. Om osäkerheten är så pass hanterbar att man kan tala om kalkylerbara sannolikheter eller ge utlåtanden om vad som är sannolikt respektive osannolikt är det möjligt att välja en prediktiv ansats. Den prediktiva ansatsen förknippas med prognoser och trendframskrivningar. Prognoser och trendframskrivningar kräver stabila mönster för att det ska vara möjligt att generera relevanta beslutsunderlag. Flera av de övergripande trender vi lyfter fram i kapitel 4 kan anses vara av den karaktären, exempelvis digitalisering. Men de exakta nyanserna och utfallen av kombinationerna av trenderna är betydligt

mer osäkra och det är de som avgör förutsättningarna för energiberedskapsplaneringen.

Om osäkerheten uppfattas som stor krävs en explorativ ansats som hanterar osäkerhet som ”eventualiteter” och ”det möjliga”. Osäkerheten är kvalitativ och bred snarare än kvantitativ och kalkylerbar. Explorativa scenarier designas ofta med syfte att få ett stort utfallsrum för att besvara frågor som ”Vad är möjligt?” eller ”Vad kan hända?”. Scenarierna kan vara omvärldsriktade, vilket anger förutsättningarna för energiberedskapen, eller av händelsekaraktär, vilket anger de möjliga hot beredskapsplaneringen ska kunna möta. Det går också att kombinera dessa typer av scenarier.⁶⁰

Samtliga scenarier som ingår i en scenariouppsättning måste vara trovärdiga och rimliga, det vill säga scenarierna måste uppfattas som att de faktiskt skulle kunna hända, vilket också ibland brukar benämnas som att scenarierna är plausibla. Scenariogruppen Fyra framtider är explorativa scenarier som sammantaget uppfyller dessa krav men de speglar inte *alla möjliga* tänkbara framtida utvecklingar som är relevanta för energiberedskapen.

Målet för scenarioplanering, oavsett vilket tillämpningsområde som avses, är att systematiskt hantera osäkerhet i besluts- och planeringsprocesser med verkan långt in i framtiden. Principen för scenarioplanering är att givet ett antal möjliga framtida utvecklingar försöka identifiera lämpliga strategier att möta framtiden med.

5.2.2 Balansen mellan robusta och adaptiva strategier samt mellan robusta och flexibla lösningar

I föregående avsnitt 5.1 lyftes konflikten mellan långsiktiga spelregler och institutionell flexibilitet fram i olika sammanhang. Marknadens aktörer önskar förutsägbarhet och långsiktighet för att minimera riskerna för sina investeringar och brister i detta kan därmed indirekt påverka systemens robusthet. Dessa önskemål kan vara svåra att möta med tanke på den energiomställning som påbörjats och vars olika tänkbara framtida riktningar inte är givna, vilket inte minst scenarierna i Fyra framtider visar. Beroende på hur man bedömer osäkerheten förknippad med de framtida möjliga utvecklingarna leder den proaktiva ansatsen fram till skapandet av antingen robusta eller adaptiva beredskapsstrategier. Robusta strategier är planeringsinriktningar som bedöms

⁶⁰ Om svensk beredskapsplanering görs i ett längre framtidsperspektiv, där det råder osäkerhet om den svenska samhällsliga utvecklingen och ett flertal relevanta omvärldsfaktorer, kan det vara lämpligt att kombinera hotbildscenarier (händelse-scenarier) med kontextscenarier (varierande omvärldsbeskrivningar). Fördelen med att separera händelser från omvärldsutveckling är att det skapas möjligheter till systematik, tydlighet och välavgränsade analyser. Detaljerade frågeställningar kan lättare adresseras men på bekostnad av överblick och helhetssyn. Se Jonsson (2017), kap. 3.

fungera väl över tid i de flesta tänkbara utvecklingar. Robust strategi är inte liktydigt med robusta lösningar avseende exempelvis fysisk infrastruktur men kan innehålla sådana delar.

Den reaktiva ansatsen innebär i första hand en adaptiv strategi men adaptivitet och robusthet är inte varandras absoluta motsatser. Den vanligast förekommande adaptiva strategin är just ”att vänta och se”. Den typen av passivt beslutsfattande kan mycket väl anses robust i viss mening om det inte är uppenbart att man står oskyddad inför en risk eller att den aktuella utvecklingen gör att den planerande aktören står inför ett tydligt vägval.

En adaptiv strategi är antingen konstruerad så att den kan verkställas stegvis om omvärlden förändras på ett någorlunda förutsägbart vis, eller att den från början är sjösatt i sin helhet men att den tillåter justeringar i takt med att omvärlden förändras. Adaptiv strategi kräver kontinuerlig omvärldsanalys och ett fungerande *early warning*-system, men om förvarningen sker för tätt inpå händelsen kanske strategin ändå inte fungerar.⁶¹

Avvägningen mellan robusthet och adaptivitet påverkas bland annat av rådande osäkerheter. I en verklig planeringssituation återfinns alltid framtidsaspekter där utvecklingen bedöms vara relativt förutsägbart, medan andra förknippas med betydligt större osäkerhet. En sammantagen uppsättning välbalanserade beredskapsstrategier kommer därför att innehålla såväl robusta som adaptiva strategier.

De enskilda lösningarna i en adaptiv strategi skapar utrymme för framtida flexibilitet via olika handlingsalternativ eller redundanta system. Ett exempel på en flexibel lösning är kraftvärmeverk som är konstruerade så att de kan tillföras olika bränsletyper, liksom flexi-fuelfordon.

Några ytterligare exempel beskrivs nedan för att spegla förhållandet mellan robusta och adaptiva strategier respektive robusta och flexibla lösningar.

Exempel på en robust strategi med robusta lösningar inom elområdet skulle kunna vara att bygga en solid infrastruktur med redundans avseende såväl länkar som kritiska punkter, exempelvis redundanta ställverk. En flexibel lösning (som ändå baseras på robust strategi) är att lagra reparationsmateriel och reservutrustning. Ett liknande exempel på en flexibel lösning är att förlita sig på mobila reservstationer som kan transporteras till de platser där de behövs för att återställa systemfunktionalitet.⁶²

Ett annat exempel på en robust strategi i kombination med en robust lösning skulle kunna vara fortifikatoriskt skydd av kritiska anläggningar i energisystemet, vilket givetvis är kostsamt men anläggningarna skulle då alltid

⁶¹ Börjeson m.fl. (2006); Gunnarsson m.fl. (2006).

⁶² Svenska kraftnät (2017).

vara skyddade oavsett förvarningstid. En adaptiv strategi skulle istället vara att agera först när förvarning ges eller då hotbilden förändras. En robust lösning skulle vara att då, och först då, börja bygga eller förstärka det befintliga skyddet. En flexibel lösning skulle istället vara att tillföra erforderlig bevakning (eller transportera dit skyddande luftvärnssystem om det handlar om krigsliknande hot).

I ett risk- och hotsammanhang, såsom energiberedskapsplanering, kan ensidigt varken robusta eller flexibla lösningar förordas. Val av strategier och lösningar beror på bedömda förvarningstider, hotens karaktär och inte minst tillgängliga resurser. En sammantagen, och gärna sammanhängande, planering som ska hantera en rad olika aspekter och delproblem av olika karaktär kräver alltid en blandning av strategi- och lösningstyper. När flera strategier, och dess lösningar, analyseras samtidigt kan eventuella konflikter mellan dessa också synliggöras. Då prövas inte bara robusthet utan också om strategierna är inbördes konsistenta.

5.2.3 Balansen mellan att hantera beredskapsproblem ”under resans gång” och i det tänka framtida ”slutmålet”

I avsnitt 5.1 presenterades dilemmat att även om system i förändring har en tydlig riktning så omfattar systemen i förändringsprocessen både det nya (till exempel eldrift av fordon, eller solcellspaneler på hustak) och det gamla (till exempel dieseldrivmedel, eller kol i kraftvärmeverk). Under hela förändringsprocessen förväntas samtidigt beredskapen upprätthållas.

De nya elementen kanske inledningsvis bara utgör en liten del men förväntas växa och kanske till och med komma att dominera i en framtid. Hur ska detta nya hanteras inom ramen för energiberedskapen idag?

Det nya kan ju knappast dominera beredskapsinriktningen. De gamla elementen kanske dominerar inledningsvis men förväntas möjligen senare helt och hållet fasas ut. Det dominerande inslaget måste givetvis uppmärksammas och hanteras idag men samtidigt vore det inte rimligt om energiberedskapen bortser från tydliga vikande trender. Detta är en balansgång och energiberedskapen varken kan eller ska på ett genomgripande sätt hämma samhällsutvecklingen.

Om resans väg anses vara någorlunda förutsägbar och linjär kan styrmedel användas för att successivt förändra systemet och aktörernas agerande i takt med utvecklingen. Det är när utvecklingen omfattar större snabba förändringar som problem uppstår. Som tidigare beskrivits är långsiktighet och förutsägbarhet önskvärt, inte minst från energimarknadens aktörer, men detta kan inte alltid åstadkommas när systemen är under snabb förändring, vilket då måste hanteras.

I framtida energisystem kan det finnas små nischer med energilösningar som kan vara nära att fasas ut, men som spelar en avgörande roll för samhällets funktionalitet eller enskilda individers säkerhet. En sådan nischlösning skulle

exempelvis kunna vara lagringsbar (fossilbaserad) diesel för reservkraft. Utifrån det perspektivet tydliggörs det att energiberedskapens roll inte bara är att anpassa beredskapssystemet efter de stora dominerande trenderna utan att energiberedskapen också skulle kunna ha ett ansvar att mindre nischlösningar.

Ett sätt för ansvariga myndigheter att öka möjligheterna att vara i fas med utvecklingen är att ha en tillräckligt god omvärldsbevakning och över tid följa relevanta indikatorer. Detta ger inte bara möjlighet att följa utvecklingen av energisystemet i stort utan även, givet en viss framtida utveckling, se att viktiga faktorer för beredskapen går åt rätt håll. Om de inte gör det är det en signal på att ytterligare eller helt andra åtgärder krävs.

5.3 Att möjliggöra bedömningar av energiberedskap i framtidsscenarioer

Exempel på information som är viktig för att kunna bedöma beredskapsnivå är redundans i systemen, omfattningen av lagerhållning, omfattningen av egenproduktion, nivån på fysiskt skydd, och i vilken grad aktörerna har implementerat system för IT-säkerhet. Dessutom behövs preciseringar kring socioekonomiska förhållanden, demografi, och försörjningen av samhällsviktig verksamhet. Indikatorer kan fungera som stöd för att operationalisera olika antaganden.

5.3.1 Förslag på preciseringar för ökad förståelse av beredskapsaspekten i Fyra framtider

Scenarierna Fyra framtider ger en bred bild av möjliga utvecklingsvägar för det svenska energisystemet men det är självklart omöjligt att beskriva utvecklingen inom alla för energisystemet relevanta områden med tillräckligt djup. Ju bredare en studie är, desto färre detaljer kan presenteras om kommunicerbarheten ska kunna bibehållas. Och även om det, som ovan visats, i studien har redovisats många trender och aspekter med relevans för beredskapen kan scenariobeskrivningar behöva vara mer detaljerade om det ska vara möjligt att besvara frågan om förutsättningarna för energiberedskap. I det följande presenteras några punkter där fördjupad respektive tillförd information kan behövas:

- Ur scenariobeskrivningarna kan man utläsa viss information om investeringsinriktningar och investeringsprinciper. Ibland är dessa beskrivningar kopplade till området trygg energiförsörjning som till exempel att nätförstärkning omnämns. För att kunna komma vidare och analysera innebörden av de aktuella scenarioinriktningarna behövs kompletterande antaganden eftersom det i mångt och mycket är i detaljerna som förutsättningarna för energiberedskapen ligger. Sådana

antaganden kan exempelvis vara grad av redundans i systemen och lagerhållning (såväl bränsledepåer som ellager).

- Om konsekvenserna av och sannolikheten för eventuella angrepp mot energianläggningar (där risken kan bero av potentiella konsekvenser) ska kunna bedömas är det centralt att veta hur det fysiska skyddet kommer att se ut. Antaganden om fysiskt skydd behöver göras avseende exempelvis om elledningar och bränsledepåer är nedgrävda och hur skalskyddet av kritiska delar av energisystemet är utformat.
- Smarta nät lyfts fram som en viktig del i flera av de energisystem som speglas i scenarierna. Hur väl sådana system är förenliga med hög säkerhetsnivå hänger ihop med vilken hänsyn som tas till IT-säkerhet, vilket har såväl tekniska som organisatoriska aspekter. I många studier presenteras smarta nät som en teknisk lösning för ett kostnadseffektivt system som är robust inför ”normala” störningar medan extraordinära händelser och fientliga attacker inte behandlas i samma omfattning.
- I viss mån kan man i Fyra framtider-scenarierna utläsa information om civilbefolkningens förutsättningar (jämför målet värna civilbefolkningen) eftersom utvecklingen i bostadssektorn täcker upp delar av detta. Däremot behövs ytterligare antaganden om vissa demografiska aspekter och socioekonomiska förhållanden för att identifiera särskilt utsatta individer i behov av stöd under krisförhållanden. Även andra förutsättningar som berör civilbefolkningen, exempelvis vad gäller livsmedelsförsörjning, är viktiga för att värdera den sammantagna beredskapsförmågan.
- En liknande fråga är grad av diversitet i energiförsörjningen bland aktörer. Att befolkningen i allt högre grad i vissa av scenarierna antas öka sin egenproduktion innebär inte att alla gör det. Dominerar egenproducenterna eller utgör de bara en visserligen betydande men mindre andel medan de andra fortsätter som tidigare? Mer tydliga antaganden om andelar behöver göras för att kunna analysera förutsättningarna för energiberedskapen. Men oavsett andel kommer system som inte är homogena att vara ett intressant analysområde eftersom beredskapsåtgärder måste kunna fungera i olika sammanhang och för olika typer av behov.
- En omvandling av energisystemet innebär att vissa enskilda system får allt mindre betydelse. Vad händer med de system som i scenarierna inte behövs i lika stor grad som idag, till exempel som en följd av att efterfrågan av vissa bränslen minskar eller att många producerar sin egen el? Om energiberedskapen ska kunna analyseras fullt ut behöver antaganden om detta göras, exempelvis om befintlig infrastruktur

kommer att avvecklas eller bibehållas (till en viss kostnad) som en extra redundans i systemen.

- De internationella energimarknadernas utformning (i termer av institutioner, tekniska system, aktörer och så vidare), liksom hur välfungerande de är, har betydelse för vilka beredskapsprinciper som är möjliga att etablera. Därför behövs kompletterande antaganden göras, exempelvis hur den EU-gemensamma marknaden ser ut.

Ett perspektiv som saknas i princip helt i Fyra framtider är kopplat till samhällsviktig verksamhet. Beskrivningarna är strukturerade på ett sätt som liknar traditionella energibalanser med dess användarsektorer. Men det är i princip omöjligt att ur dessa extrahera information om de samhällsviktiga verksamheterna. Här finns några centrala frågor:

- I vilken grad finns system för redundans i energiförsörjningen av dessa verksamheter?
- Finns det system för att kunna prioritera dessa verksamheter vad gäller energitillförsel?
- I vilken grad är deras energisystem flexibla, det vill säga finns det förutsättningar för alternativa leveranssätt?

För att svara på förutsättningarna för samhällsviktig verksamhet krävs det med andra ord helt andra indikatorer än de som presenteras i Fyra framtider-rapporten.

5.3.2 Exempel på indikatorer för bedömning av energiberedskapen

Kopplingen mellan indikatorer och omvärlds- och energifaktorer kan vara en framkomlig väg för att inte bara förstå och följa utan även i den mån det går påverka energiberedskapens förutsättningar. Ett sätt att tydliggöra denna koppling är att vända det analytiska perspektivet genom att använda en underifrån-ansats, där man tar utgångspunkt från specifika indikatorer och sedan analyserar vilka utvecklingsinriktningar (se kap. 4) samt mer generella framtidsfaktorer (se bilagan) som styr dessa. I det följande lyfter vi därför några exempel i form av indikatorer som skulle kunna ha betydelse för energiberedskapen och dessa diskuteras i relation till såväl de identifierade utvecklingsinriktningarna som övriga omvärldsfaktorer, med början i samhällsviktig verksamhet som diskuterades ovan:

- *Grad av reservkraft installerad i samhällsviktig verksamhet, liksom kapacitet och uthållighet*, är relevant för verksamhetens kontinuitet vid elavbrott. Indikatorn beror direkt på svensk policy i termer av styrning och kravställning men också samhällsekonomi (offentliga aktörer)

respektive marknadsförutsättningar (privata aktörer). Ökad digitalisering (avsnitt 4.1) och ökad elektrifiering (avsnitt 4.2) i samhällsviktig verksamhet ökar reservkraftens betydelse i samband med avbrott. Bredare omvärldsfaktorer som inverkar på aktörernas hotbildsförståelse och krismedvetenhet är exempelvis den geopolitiska utvecklingen och framtida effekter av klimatförändringarna (se bilagans avsnitt B.2.4, B.2.5).

- *Antal tankstationer och spridningen av dessa* är relevanta för beredskapen, dels avseende tillgängligheten till drivmedel och reservkraftsbränsle, dels som presumtivt distribuerat energiberedskapslager. Indikatorn beror av marknadsutvecklingen men också av svensk politik. Den ökade elektrifieringen av transporter (avsnitt 4.2) kan ha påverkan på tankstationernas kundunderlag. En ökad användning av biodrivmedel (avsnitt 4.7) kan också ha en inverkan, beroende på lönsamhetsförutsättningar och marknadsreglering (exempelvis den så kallade pumplagen⁶³). Vid sidan av krisberedskap och trygg energiförsörjning handlar detta också om svensk glesbygds- och näringspolitik. Även bredare omvärldsfaktorer som demografiska mönster och värderingar kan vara relevanta för indikatorns utveckling (se bilagans avsnitt B.2.7, B.2.8).
- *Antalet bränsledepåer, lagringskapacitet och geografisk spridning* liksom dessas skydds nivåer är faktorer som är relevanta för hur sårbart bränslesystemet är, inte minst mot fientliga hot.
- *Andel nedgrävda ledningar i region- och lokala elnät* indikerar robusthet i händelse av exempelvis stormar. Detta har inte bara betydelse utifrån ett tillförselperspektiv, utan även för möjligheten att ta tillvara lokal variabel elproduktion (avsnitt 4.4) i ett decentraliserat system (avsnitt 4.3). Vid sådana avbrottshändelser kan även batterier och energilager (avsnitt 4.6), som i första hand har en balanseringsfunktion, komma att spela roll för lokal trygg elförsörjning. Andra framtidsfaktorer som inverkar på detta är bl.a. framtida klimatförändringars effekter, energiparadigm liksom svensk samhällsstyrning, samhällsplanering och fysisk planering (se bilagans avsnitt B.2.4, B.2.9, B.3.1).
- *Andel flexibla/dubbla energibärlösningar för fordon.* Andelen fordon som kan använda mer än en energibärare är av betydelse för att minska sårbarheten för långvariga leveransavbrott av en viss energibärare och den ekonomiska sårbarheten för prisstegringar som kan bero av störningar i energitillförseln.

⁶³ Svensk författningssamling 2005:1248.

- *Andel bostäder som har tillgång till flera uppvärmningssystem. Har i princip samma betydelse vad gäller flexibiliteten som dubbla energibärlösningar på fordonssidan.*

Dessa exempel på indikatorer är just exempel och det kan finnas skäl att särskilt bolla i vilka indikatorer som kan vara relevanta. Energimyndigheten har redan tidigare studerat lämpliga indikatorer för trygg energiförsörjning, vilka kan vara en lämplig grund. Värt att notera är dock att en viktig faktor för indikatorer som används för uppföljning är mätbarheten. För indikatorer som ligger till grund för scenariobeskrivningar är denna aspekt inte fullt lika viktig.

5.4 Diskussion om lämpliga beredskapsåtgärder i ett framtidsperspektiv

Utifrån ovanstående beskrivningar kan det finnas skäl att diskutera ett antal områden där beredskapsåtgärder kan behöva utvecklas för att energiberedskapen ska kunna hållas på en god nivå för framtiden. Diskussionen kommer inte att kunna vara heltäckande eller djuplodande i detaljer utan ska främst ses som idéer på områden som kan vara värdefulla att behandla i ansvariga myndigheters fortsatta arbete. Det bör noteras att de flesta av dagens relevanta beredskapsåtgärder kan förväntas vara viktiga även i framtiden.

Vad gäller ökad robusthet i energisystemet lyfter Förvarsberedningen särskilt fram stärkt informations- och cybersäkerhet, ökad redundans samt förbättrat säkerhetsskydd.⁶⁴ Detta omfattar åtgärder som är relevanta såväl idag som i framtiden.

Det kan finnas ett värde att driva på arbetet med att utveckla säkerhetsstandarder och arbetsformer för smarta elnät, både på system- och på komponentnivå. Kopplingen till befintliga regelverk är här viktig. Det kan också finnas behov att utreda om och hur ägandet av kritisk infrastruktur bör regleras för att inte ägandestrukturer utvecklas som skapar potentiella hot för rikets säkerhet.

Det kan finnas skäl att undersöka förutsättningarna för att bygga in robusthet i system till exempel för att underlätta ö-drift av elsystemen och bygga in mer redundans i tillförselsystemen. Det finns många frågor att svara på vad gäller hur byggande av robusthet i systemen kunna styras och finansieras, exempelvis:

- Ska styrningen ske genom reglering eller ekonomiska incitament?
- Ska elföretag som bygger robusthet kunna ta ut högre elnätsavgifter?

⁶⁴ Förvarsberedningen (2017), s. 165.

- Finns det en acceptans från konsumenter för ökade kostnader som en följd av sådant robusthetsbyggande eller finns det en risk att konsumenterna i allt större grad väljer att frikoppla sig från systemen?

Det har ovan noterats att flexibilitet på aktörsnivå kan bidra till ökad robusthet på systemnivå. Men det är trots det inte självklart hur ökad flexibilitet i energisystemet värderas (exempelvis genom ökade andelar laddhybrider eller flexi-fuelfordon eller dubbla uppvärmningssystem) och vilka möjligheter det finns för staten att styra energisystemen i denna riktning.

I många framtidsscenarier ökar diversiteten av energibärare, inte minst i transportsektorn och det kommer att vara nödvändigt att utveckla drivmedelsberedskapssystem som kan hantera detta. Systemen behöver även hantera de distributionsutmaningar som mindre kvantiteter kan leda till vad gäller tillgång på exempelvis drivmedelsstationer.

6 Diskussion och slutsatser

Denna rapport har behandlat förutsättningarna för att i framtida svenska energisystem skapa god beredskap för störningar från såväl antagonistiska som icke-antagonistiska hot. Utgångspunkt har tagits i de utvecklingsinriktningar som presenteras i Energimyndighetens explorativa scenarier ”Fyra framtider”.

De utvecklingsinriktningar som presenteras i Fyra framtider är av olika karaktär. Några är del av större samhällsförändringar vad gäller teknik, samhällsstruktur och värderingar. Andra är följder av mer specifikt energirelaterade aspekter som bland annat olika tekniska lösningars utveckling med avseende på till exempel ekonomi. En del av utvecklingsinriktningarna påverkar i sin tur beredskapen främst genom effekterna på de tekniska systemens robusthet och flexibilitet, medan andra i stället i större grad påverkar organisationers och individers förmåga och vilja att bygga förmåga och hantera störningar. Noteras kan också att det är viktigt att förstå systemet på aktörsnivå (till exempel olika samhällsviktiga verksamheter eller hushåll) för att förstå hur beredskapen ser ut på en övergripande nivå. Som exempel har tidigare noterats hur flexibilitet på aktörsnivå kan leda till robusthet på energisystem- och samhällsnivå.

Förutsättningarna för god beredskap beror både på hur det svenska energisystemet ser ut och organiseras och på utvecklingen av ett stort antal omvärldsfaktorer. Dessa omvärldsfaktorer är både sådana som speglar företeelser utanför Sveriges gränser och sådana faktorer inom landet som inte normalt sett ses som en del av energisystemet.

Den detaljerade kunskap som behövs för att uppskatta beredskapsförmågan kan speglas i indikatorer som på ett tydligt sätt pekar ut faktorer som leder till en ökad robusthet och flexibilitet i energisystemet och som kan visa på beredskapsförmåga på enskilda specifika områden, såsom samhällsviktig verksamhet och skydd av befolkningen. För ett sådant syfte är det svårt att använda sig av aggregerade energibalanser eller beskrivningar av övergripande trender. I stället behövs kunskap/antaganden på en mer detaljerad nivå. Exempel på faktorer som dels leder till en ökad beredskapsförmåga, dels kan spegla ett specifikt område av energisystemet är:

- hur stor andel av den samhällsviktiga verksamheten som har reservkraft
- hur stor andel av befolkningen har tillgång till flera uppvärmningssystem
- hur stor andel av fordonen i olika kategorier som kan drivas av flera olika energibärare.

Det mesta talar för att det är möjligt att skapa en god energiberedskap i samtliga av de fyra framtiderna. Med detta sagt innebär det inte att systemen självklart

kommer att kunna prestera lika bra i förhållande till varandra i en krissituation, men respektive systems för- och nackdelar kan ha olika stora betydelse beroende på vilken hotbild de ställs emot. Det är inte heller självklart att det är samma beredskapsåtgärder som ska prioriteras i de olika framtiderna. Inte minst behöver man anpassa sig till de olika institutionella förhållanden som kan förväntas ha utvecklats i de olika scenarierna.

Scenarier visar ofta på ett slutläge. Detsamma gäller i huvudsak de scenarier som tagits fram inom ramen för Fyra framtider. Men ur ett beredskapsperspektiv kan vägen till framtiden vara minst lika viktig. Hur ska man säkerställa kompetens och resurser inom de system som går tillbaka, samtidigt som nya lösningar ska tas fram för de system som är på tillväxt? Det är inte heller så att systemen utvecklas på ett förutbestämt sätt från dagens system till ett i förväg identifierat sluttillstånd. I stället måste beredskapsplaneringen ta höjd för att utvecklingen kan vika av i nya riktningar allteftersom tiden går, även om karaktären hos systemen ändå gör att dessa är relativt trögrörliga. Detta gör att beredskapsplaneringen behöver adaptiva strategier.

Denna rapport kan ses som en första diskussion och problemstrukturering kring hur beredskapsplaneringen kan ta hänsyn till en osäker framtidsutveckling. Nedan nämns tre områden som förslag till fortsättningar på detta arbete.

- *Identifiering av relevanta indikatorer.* Ett första steg till att utveckla ett mer detaljerat planeringsunderlag vore att mer noggrant identifiera och föreslå indikatorer som är centrala för beredskapen för vilka man skulle behöva göra fördjupade antaganden. Även andra nyckelområden som är svåra att omvandla till indikatorer bör identifieras.
- *Utveckling av mer detaljerade scenarier.* Genom specificering av ovan nämnda indikatorer och genom tydliggörande av antaganden om andra energi- och omvärldsfaktorer kan mer detaljerade explorativa energiscenarier utvecklas. Även mer detaljerade hot- och riskbilder anpassade till energiområdet kan behövas, eventuellt i form av händelsescenarier.
- *En fördjupad analys av hur vägen till det framtida energisystemet kan hanteras i beredskapsplaneringen.* Det kan innebära att identifiera centrala beslutstillfällen, hur beredskapsfrågan kan och bör integreras i dessa beslutstillfällen samt att identifiera hur de ekonomiska resurserna som sätts av till beredskapsbyggande kan prioriteras under en period av förändring. En viktig faktor att ta med sig när konsekvenserna av möjliga framtida energisystem analyseras är i vilken grad regelverken utvecklas tillsammans med energisystemen. Anpassade regelverk skapar förutsättningar för att nya energisystem ska kunna uppfylla uppsatta mål medan regelverk som inte följer med utvecklingen kan innebära allvarliga hinder för en trygg energiförsörjning.

Referenser

- Ahlgren, S., Björnsson, L., Prade, T., & Lantz, M. 2017. *Biodrivmedel och markanvändning i Sverige*. Rapport 105, Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet, Lund.
- Andersson, M., Westerdahl, L. 2017. Sveriges elförsörjning – hur möter vi en ökad sårbarhet? i Hull Wiklund m.fl. (red.), *Strategisk utblick 7. Närområdet och nationell säkerhet*. FOI-R--4454--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.H., Ekvall, T., Finnveden, G. 2006. Scenario types and scenario techniques – Towards a user's guide to scenarios. *Futures* 38(7), 723-739.
- Dreborg, K.H. 2004. *Scenarios and structural uncertainty. Explorations in the Field of Sustainable Transport*. Doktorsavhandling, KTH, Stockholm.
- Eidenskog, D., Kamrani, F. 2017. Internet of Things – en IT säkerhetsmässig mardröm. Hull Wiklund m.fl. (red.), *Strategisk utblick 7, Närområdet och nationell säkerhet*. FOI-R--4454--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Energikommissionen. 2017. *Kraftsamling för framtidens energi*. SOU 2017:2, Wolters Kluwer.
- Energimyndigheten. 2015. *Energiindikatorer 2015. Uppföljning av Sveriges energipolitiska mål*. ER 2015:15.
- Energimyndigheten. 2016. *Fyra framtider. Energisystemet efter 2020. Explorativa scenarier*. ET 2016:04.
- Energimyndigheten. 2017. *Energiindikatorer 2017. Uppföljning av de energipolitiska målen*. ER 2017:09.
- Ericsson, K., Johansson, B., Nilsson, L.J., Åhman, M. 2015. *Industrins långsiktiga utveckling i samspel med energisystemet*. ER 2015:18, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Eriksson, E.A., Carlsen, H. 2016. *Policy analysis for high-end risks: possibilistic and probabilistic approaches to robustness*. FOI-D--0711--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Europeiska kommissionen. 2011. *Energifärdplan för 2050*. KOM(2011) 885 slutlig.
- FOI. 2017. *Remissvar avseende Energikommissionens betänkande Kraftsamling för framtidens energi (SOU 2017:02)*. Dnr FOI 2017-84.

Försvarsberedningen 2017. *Motståndskraft. Inriktningen av totalförsvaret och utformningen av det civila försvaret 2021-2025*. Ds 2017:66. Regeringskansliet, Försvarsdepartementet.

Gunnarsson, U., Höjer, M., Dreborg, K.H. 2006. *Att använda scenarier – förslag till långsiktigt miljömålsarbete*. TRITA-INFRA-FMS 2006:3, KTH, Stockholm.

IEA. 2017. *Energy Technology Perspectives 2017 - Catalysing Energy Technology Transformations*, Paris.

IPCC. 2014. *Climate Change 2014. Synthesis report. Summary for policymakers*. Geneva, Schweiz.

Johansson, B. 2013a. A broadened typology on energy and security. *Energy*, 53, 199-205.

Johansson, B. 2013b. Security aspects of future renewable energy systems – a short overview. *Energy*, 61, 598-605.

Johansson, B., Jonsson, D.K., Veibäck, E., Sonnsjö, H. 2016. Assessing the capabilities to manage risks in energy systems – analytical perspectives and frameworks with a starting point in Swedish experiences. *Energy*, 116, 429-435.

Johansson, B., Darin Mattsson, K., Mittermaier, E., Roszbach, N.H. 2017. *Det civila försvarets utgångspunkt i krisberedskapen. En övergripande analys av förutsättningar och utmaningar*. FOI-R--4431--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.

Johansson, B., Jonsson, D.K., Månsson, A., Nilsson, L.J., Nilsson, M. 2014. *Klimatpolitik och energisäkerhet: konflikter och synergier*. FOI-R--3896--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.

Johansson, B., Jonsson, D.K., Östensson, M. 2010. *Ergisäkerhet och energiberoenden på kort och lång sikt. En pilotstudie*. FOI-R--2979--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.

Johansson, B., Jonsson, D.K., Veibäck, E., Mittermaier, E. 2015. *Energifattigdom, trygg energiförsörjning och offentligt agerande*. FOI-R--4020--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.

Jonsson, D.K. (red.), Johansson, B., Månsson, A., Sonnsjö, H. 2014a. *Energi, säkerhet och konflikt i ett framtidsperspektiv*. FOI-R--3813--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.

Jonsson, D.K. 2005. The Nature of Infrasytem Services. *Journal of Infrastructure Systems*, 11:1, 2-8.

Jonsson, D.K. 2017. *Att använda scenarier i planering för civilt försvar*. FOI-R--4434--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.

- Jonsson, D.K. 2018. *Gråzonsproblematik och hybridkrigföring – påverkan på energiförsörjning* (kommande publikation). Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Jonsson, D.K., Johansson, B. 2013. How can improved energy efficiency affect energy security? *ECEEE Summer Study Proceedings* (European Council for an Energy Efficient Economy), pp. 13-18, June 2013.
- Jonsson, D.K., Johansson, B., Månsson, A., Nilsson, L.J., Nilsson, M., Sonnsjö, H. 2015. Energy security matters in the EU Energy Roadmap. *Energy Strategy Reviews*, 6, 48-56.
- Jonsson, D.K., Johansson, B., Lindgren, F., Veibäck, E., Bergstrand, M. 2017. *Scenariobaserad planering för civilt försvar inom energiområdet*. FOI-R--4356--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Jonsson, D.K., Johansson, B., Mittermaier, E., Veibäck, E. 2016. *Oljekrishantering – en nordisk utblick med fokus på förbrukningsdämpande åtgärder*. FOI-R--4229--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Jonsson, D.K., Månsson, A., Johansson, B. 2014b. Energy security and climate change mitigation as combined areas of analysis in contemporary research. *Energy Studies Review*, 20:2, 90-112.
- Jonsson, D.K., Sonnsjö, H. 2012. *Att variera framtiden. Diskussion om hur explorativa scenariers byggstenar kan användas i Försvarsmaktens omvärldsanalys*. FOI-R--3374--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.
- Jonsson, D.K., Sonnsjö, H. 2016. What are the security and geopolitical challenges for the EU in the face of an altered energy situation? *Journal of the International Relations and Affairs Group (JIRAG)*, Vol. 6, Issue 1, pp. 12-54.
- Kaijser, A. 1994. *I fädrens spår: Den svenska infrastrukturens historiska utveckling och framtida utmaningar*. Carlsson, Stockholm.
- Maier, H.L., Guillaume, J.H.A., Van Delden, H., Riddell, G.A., Haasnoot, M., Kwakkel, J.H. 2016. An uncertain future, deep uncertainty, scenarios, robustness and adaptation: How do they fit together? *Environmental modelling & Software*, 81, 154-164.
- MSB. 2014a. *Övergripande inriktning för samhällsskydd och beredskap*. MSB publikation 708.
- MSB. 2014b. *Gemensamma grunder för samverkan och ledning vid samhällsstörningar*. MSB publikation 777.
- Månsson, A. 2015. A resource curse for renewables? Conflict and cooperation in the renewable energy sector. *Energy Research & Social Science*, 10, 1-9.

Perrow, C. 1984. *Normal Accidents: Living With High Risk Technologies*. (Revised edition, 1999). Princeton, NJ: Princeton University Press.

Prop. 2014/15:109. *Försvarspolitisk inriktning, Sveriges försvar 2016-2020*.

Prop. 2016/17:16. *Godkännande av klimatavtalet från Paris*.

Purvins, A., Zubaryeva, A., Llorente, M., Tzimas, E., Mercier, A. 2011. Challenges and options for a large wind power uptake by the European electricity system. *Applied Energy*, 88: 1461-1469.

Riksrevisionen. 2018. Livsmedels- och läkemedelsförsörjning – samhällets säkerhet och viktiga samhällsfunktioner. RIR 2018:6.

SOU 1969:25. *Planering och programbudgetering inom försvaret: betänkande*. Försvarsdepartementet, Programbudgetgruppen. Statens offentliga utredningar

Svensk författningssamling 2005:1248. *Lag (2005:1248) om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel*.

Svenska kraftnät 2017. *Mobila reservstationer*.

<https://www.svk.se/aktorsportalen/elberedskap/reparationsberedskap/mobila-reservstationer/>

Svenska kraftnät. 2015. *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*. En slutrapport från Svenska kraftnät. Sundbyberg.

van der Heijden, K. 1996. *Scenarios: The Art of Strategic Conversation*. John Wiley & sons.

Wikman-Svahn, P. 2016. *Principer för robusta beslut inför osäkra klimatförändringar*. KTH TRITA-IM 2016:02. KTH, Stockholm.

Åhman, M., Nikoleris, A., Nilsson, L.J., 2012. *Decarbonising Industry in Sweden-An Assessment of Possibilities and Policy Needs*. Report number 77, Environmental and Energy System Studies, Lund, Sweden.

Bilaga: Omvärlds- och energifaktorer av relevans för beredskapen

I bilagan diskuteras mer förutsättningslöst olika faktorer som kan vara av relevans för hur energiberedskapen kan bedömas i olika scenarier för Sveriges framtida energiförsörjning. Framtidsfaktorerna har delats in i ”omvärldsfaktorer” och ”energifaktorer”.⁶⁵ Det kan vara svårt att skilja på vad som är en omvärldsfaktor och en energifaktor (till exempel innovation och teknikutveckling). Det finns ingen självklar gränsdragning men i rapporten avses med energifaktorer sådana faktorer som är direkt relaterade till antaganden om hur den svenska energiförsörjningen kan komma att se ut och fungera. Omvärldsfaktorer handlar om bredare samhällsaspekter som inte direkt är kopplade till energiområdet men som indirekt kommer att påverka det. En viss omvärldsfaktor (exempelvis internationella handelsrelationer) kan dock direkt påverka förutsättningarna för energiförsörjningen och samtidigt vara en övergripande samhällsaspekt med, direkt eller indirekt, betydelse för beredskapen. Energifaktorerna behöver på motsvarande vis inte vara exklusivt begränsade till att utgöra en direkt förutsättning för energiförsörjningen utan kan också ha betydelse för beredskapen (till exempel hur transporter organiseras).

B.1 Framtidsfaktorer och scenarier

Framtidsfaktorerna roll kan ses på tre principiellt olika sätt:

- Det som förklarar energisystemens utveckling i *energiscenarier* såsom Fyra framtider. Exempelvis förklarar skillnader mellan energianvändningsmönster skillnader i *Forte* och *Espressivo*. Dessa kan handla om specifika antaganden om det sociotekniska energisystemet och bredare omvärldsfaktorer som sätter ramarna för energisystemets utveckling.
- Det som potentiellt skulle kunna bygga upp *omvärldsscenarioer*⁶⁶ som har betydelse för energiförsörjningens och samhällets funktionalitet, robusthet och motståndskraft.
- Det som indirekt skapar en framtida hot- och riskbild i termer av *händelsescenarier*, som energiberedskapen ska kunna möta.

⁶⁵ Avsnitten om omvärldsfaktorer energifaktorer baseras delvis på tidigare FOI-forskning om relevanta faktorer för energiförsörjningsscenarier. Se t.ex. Jonsson, D.K., Sonnsjö, H. (2013). EU:s framtida energisäkerhet i en föränderlig omvärld. Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3627--SE, Bilaga 1.

⁶⁶ Med omvärld avses här energisystemets omvärld snarare än en viss aktörs omvärld.

Vissa framtidsfaktorer kan vara avgörande för såväl energisystemens utveckling som hur omvärlden kan utvecklas, vilket innebär att inte alla kombinationer av energiscenarier och omvärldsscenarier är konsistenta.

De potentiella omvärldsscenarier, eller enbart enstaka omvärldsfaktorer, som kan vara lämpliga att applicera på de fyra framtiderna för att testa dessas robusthet och motståndskraft, kan väljas relativt självständigt med utgångspunkt i de omvärldsfaktorer som diskuteras i avsnitten nedan. Det ska inte ses som något problem i händelse av att Fyra framtider inte behandlar dessa omvärldsfaktorer. Rent analytiskt öppnar det snarare upp frihetsgraderna kring vilka omvärldsscenarier som kan betraktas som möjliga. I de fall vissa av omvärldsfaktorerna har beskrivits i Fyra framtider-scenarierna begränsas utfallsrummet som kan väljas ur omvärldsscenarierna. Det totala utfallsrummet kan även begränsas genom att vissa antaganden inte bedöms vara konsistenta med de fyra framtiderna även om antaganden om dessa faktorer inte har specificerats i texten.

Sammantaget skulle en viss framtidsfaktor kunna inordnas på en eller flera positioner i nedanstående matris:

	Omvärldsfaktor	Energifaktor
Med betydelse för utformningen av det sociotekniska energisystemet		
Med betydelse för förutsättningarna för beredskapen		

Detta är dock ingen strikt sorteringsmodell för scenariobyggstenar där varje faktor ska placeras i en viss ruta, utan snarare ett hjälpmedel för att tänka kring hur olika aspekter påverkar varandra.

En tänkt ifyllt uppdelning i ovanstående matris skulle kunna användas för att göra en uppsättning *renodlade energiscenarier*, uppbyggda av energifaktorer, samt en uppsättning *övergripande omvärldsscenarier*, uppbyggda av omvärldsfaktorer, med relevans för energiförsörjning och beredskap. De fyra framtiderna baseras huvudsakligen på energifaktorer (exempelvis energimix och systemstruktur) men även omvärldsfaktorer (till exempel värderingar) har använts för att göra scenariobeskrivningarna sammanhängande, rimliga, förståeliga och intressanta att läsa. Integreringen av faktorer ger ett mer attraktivt scenariomaterial, när syftet är att skapa diskussionsunderlag för hur det framtida energisystemet kan komma att se ut. Men syftet med beskrivningen har varit att skapa en förståelse för varför energisystemen i framtidsscenarierna ser ut som de gör, inte för att skapa ramarna för en analys av systemens robusthet eller motståndskraft. För att analysera specifika frågeställningar, såsom beredskap, kan däremot viss renodling underlätta, vilket görs nedan.

B.2 Omvärldsfaktorer

Det finns många tänkbara omvärldsfaktorer med relevans för energiförsörjningen och beredskapens förutsättningar. Det handlar bland annat om tillgängliga energiresurser, teknikutveckling, relevanta samhällsförändringar, ekonomisk tillväxt, befolkningsmängd samt miljö- och klimatpåverkan.

På global och internationell nivå handlar det exempelvis om demografiska trender och urbanisering, ekonomi, global handel och produktion, sociala skillnader och fattigdomsutbredning, globala rättviseaspekter, forskning och teknikutveckling, konkurrens om naturresurser, det internationella klimatarbetet och framtida klimatavtal, globala maktstrukturer och geopolitisk utveckling i det internationella säkerhetssystemet, EU:s roll och karaktär med mera. Detta ger i sin tur omvärldsfaktorer anpassade utifrån ett svenskt sammanhang men som beskriver delvis samma saker (demografi, socioekonomi, ekonomisk tillväxt och så vidare) men också faktorer såsom exempelvis den svenska befolkningens förhållningssätt och värderingar, modell för samhällsstyrning, samhällsplanering och fysisk planering, arbetsliv, transportmönster m.m. Utöver detta kan det finnas övriga samhälleliga aspekter med särskild betydelse för beredskapens förutsättningar.

B.2.1 Globalisering, ekonomi, handel och produktion

Utvecklingen av den globala ekonomin är av betydelse för Sverige genom svensk ekonomis starka internationella beroende. Svenskt näringslivs konkurrenskraft jämfört med andra länder blir viktig för att bibehålla arbetstillfällena och köpkraft. Principerna för svensk energiförsörjning baserar sig på en tilltro till välfungerande marknader och hur väl energiinstitutioner som till exempel internationella energimarknader kommer att fungera, är av stor vikt för hur energiberedskapen ska kunna säkras i olika energiframtider.

I de flesta scenariostudier antas en fortsatt global ekonomisk tillväxt, men det är naturligtvis svårt att sja om den exakta utvecklingen. Inte något av scenarierna i Fyra framtider bygger på en möjlig tillbakagång i den globala världsekonomin.

Den ekonomiska utvecklingen har historiskt gått hand i hand med en globalisering avseende exempelvis handelsutbyte med specialiserad produktion framdriven av internationell konkurrens. Världens företag, stater, industri- och handelsstrukturer är inriktade mot, eller försöker anpassa sig till, villkoren för ökad världshandel och större världsmarknader. Ökad frihandel och globalisering har under de senaste seklen – men framför allt under de senaste decennierna – varit en tämligen stabil trend. Om globaliseringstrenden skulle brytas skulle det kunna betyda stora förändringar för de nationella ekonomierna. Fortsatt globalisering och stark internationell konkurrens omnämns specifikt i Fyra framtider-scenariot *Forte*.

En annan tänkbar framtida utveckling skulle kunna vara en mer protektionistisk väg där allt fler länder återgår till skarpere tullar för att skydda inhemsk produktion för att säkerställa arbetstillfällena. Framför allt vad gäller energi och en del andra råvaror har en del betydande producent- och konsumentländer valt en strategi baserad på bilaterala avtal, statliga kontrollmekanismer och långsiktiga strategier där nationella intressen inte riskeras på en, vad dessa anser, instabil och kortsiktig världsmarknad.⁶⁷ Detta har lett fram till ett tillstånd av ”svag globalisering” – dessa aktörer deltar i den internationella ekonomin men under förutsättning att det gynnar landets politiska, strategiska och ekonomiska intressen. Detta är inte minst tydligt på energiområdet där man de senaste decennierna kan se en ökad grad av resursnationalism.⁶⁸

Placeringen av framtidens globala förädlings- och produktionscentra kan komma att förändras. Huruvida Ostasien och Kinas betydelse stärks eller om produktionen flyttas till nya låglöneländer, eller ”tas hem” till nuvarande importländer, är osäkert men kan komma att ha stor betydelse för vad som produceras var, och därmed vilka energiråvaror som konsumeras var och hur dessa distribueras. I Fyra framtider-scenariot *Forte* antas globaliseringsutvecklingen främst gynna Asien och Afrika.

Globaliseringen och världsekonomin tillväxt har de senaste decennierna bidragit till att många länder och befolkningsgrupper lyfts från fattigdom men det är inte givet att den trenden fortsätter trots ökad tillväxt eftersom klyftorna mellan de allra fattigaste och de allra rikaste samtidigt ökar. I scenariot *Legato* betonas dock fortsatt minskad fattigdom (och ökad utbildningsnivå).

B.2.2 Vetenskap och teknikutveckling

Den tekniska utvecklingen har bäring på hur samhället utvecklas och mer specifikt på hur energisystemet kan utvecklas. Nya tekniker leder till omstrukturering av näringslivet samt påverkar befolkningens livs- och konsumtionsmönster samtidigt som nya energitekniker har en avgörande betydelse för energisystemets struktur. Ny tekniks roll för beredskapen är dubbel genom att den kan bidra till såväl ökad robusthet som att nya sårbarheter introduceras.

⁶⁷ Till exempel Ryssland, Venezuela, Kina och Indien. Se t.ex. Diriöz, A.O. (2012). *Energy Security; Conflict & Peace*, presenterat vid konferens “Institute of Cultural Diplomacy’s Ankara Conference” 10 april 2012; Hoogeveen, F. & Perlot, W. (red.) (2005). *Tomorrow’s Mores: The International System, Geopolitical Changes and Energy*. Clingendael International Energy Programme (CIEP); van der Linde, C. (2005). *Energy in a changing world*. Clingendael Energy Papers no. 11.

⁶⁸ World Bank (2011). *National oil companies*. World Bank Working Paper no. 218; Leis, J., McCreery, J. & Gay, J.C. (2012). *National Oil Companies Reshape the Playing Field*. Bain & Company.

Den vetenskapliga utvecklingen, liksom mer tillämpad forskning och teknikutveckling, har inte bara bäring på energiteknik i sig utan egentligen all teknologi som använder energi. Den vetenskapliga utvecklingen är nära sammankopplad med ett av globaliseringens främsta karaktärsdrag, nämligen utbyte av idéer, kunskap och annan information. Svagare globalisering kan påverka internationell forskning negativt men samtidigt är det svårt att se att den vetenskapstradition (t.ex. evidensbaserad, peer-review m.m.) som har byggts upp under flera hundra år skulle gå under. Däremot finns det tendenser som pekar mot att vetenskapens status inte är orubblig, t.ex. ”alternativa fakta” och klimatförnekelse.

Teknikutvecklingen i sig är naturligtvis viktig för att förstå hur framtida energisystem och energiberedskap kan komma att organiseras men för att åstadkomma samhällsförändring krävs även teknikspridning och tekniktillgänglighet, vilket knyter an till villkor för produktutveckling, kommersialisering och prisbildning.

Samtliga scenarier i Fyra framtider, med undantag av *Espresso*, förutsätter en fortsatt snabb teknisk utveckling generellt sett.

Olika samhällsfunktioner har under de senaste decennierna i allt större grad blivit beroende av modern kommunikationsteknik. Detta har möjliggjort en omfattande effektivisering samtidigt som nya sårbarheter har vuxit fram. Antalet nya internetbaserade tjänster har formligen exploderat; tjänster som riktar sig mot såväl företag som individer. Även inom energiområdet finns stora förväntningar på att smarta elnät ska växa fram, nät som är beroende av dessa moderna kommunikationssystem. I Fyra framtider är det framför allt i det relativt teknikinriktade scenariot *Vivace* som den nya informationstekniken lyfts fram. Mycket talar dock för att det finns en betydande expansion av denna typ av teknik även i övriga scenarier även om det inte har lyfts fram specifikt.

Några andra nyckelområden bedöms vara:

- Uppkopplade system (gör det möjligt att exempelvis optimera energianvändning)
- Automatiserad produktion och robotisering
- Självkörande fordon
- Nya material (som kan användas inom energitekniska applikationer, t.ex. batterier)
- Genteknik (som kan ge bioenergi grödor och biobränslen)

Ny energiteknik är i detta sammanhang givetvis också en nyckelfaktor men som diskuteras som en ”energifaktor” i kommande avsnitt.

B.2.3 Råvaror och naturresurser

Utvinning och omvandling av naturresurser är energiintensiv och omfattningen av denna är därför en viktig drivkraft för efterfrågan på energi. Nya tekniska lösningar och ökad användning av energi kommer att skapa beroenden av nya råvaruflöden och konkurrens om potentiellt knappa resurser som metaller, skogsråvaror, jordbruksmark, vatten och näringsämnen som fosfor. Detta kan påverka förutsättningen för trygg energiförsörjning både till vardags och under krissituationer.

Den globala efterfrågan på olika råvaror och naturresurser ökar i takt med befolknings- och ekonomisk tillväxt. Energi i sig är en viktig internationell handelsråvara och för att kunna processa, förädla och konsumera övriga råvaror krävs energi i olika hög grad. En ökad global efterfrågan på råvaror och naturresurser innebär rimligen också en ökad efterfrågan på energi. I Fyra framtider-scenariot *Forte* är den ökande konkurrensen om naturresurser en utpekad drivande omvärldsfaktor.

På längre sikt kan dock kopplingen mellan efterfrågan på energi och efterfrågan på andra naturresurser komma att försvagas. Ökade energipriser och politik är exempel på drivkrafter för energieffektivisering som på sikt kan leda till ett högre naturresursuttag per energienhet.

Konkurrens om begränsade resurser såsom energi eller andra strategiska råvaror utgör klassiska geopolitiska konfliktorsaker som kan påverka såväl svensk energiförsörjning som beredskap.

Även andra naturresurser än energi förknippas med konkurrens. Det gäller exempelvis det ökade trycket på vattenresurser, som kan ha stor inverkan på livsmedelsproduktion, energiproduktion och en förväntad ökad levnadsstandard i stort. En ökad användning av biobränsle sätter även fokus på den konkurrens som kan uppstå vad gäller allokering av mark för energibehov kontra livsmedelsproduktion.

För att upprätthålla ökad livsmedelsproduktion behövs konstgödsel, där fosfor är en viktig beståndsdel. Fosfor är en ändlig resurs och en eventuell framtida brist på fosfor kan komma att få en avgörande betydelse för den globala matproduktionen, som i sin tur växelverkar med bioenergiproduktionen. Utöver detta kan brist på ett flertal jordarts- och ädelmetaller öka produktionskostnaderna för exempelvis vindkraftverk eller mindre elektronikkomponenter.

B.2.4 Globala klimatavtal och framtida effekter av klimatförändringarna

I vilken grad ett genuint globalt omställningsarbete pågår påverkar de svenska förutsättningarna för en energiomställning. Det globala omställningsarbetet kan drivas av globala avtal men också i andra institutionella sammanhang. Inte bara omställningsarbetet är centralt för energisystemet utan klimatförändringen i sig där hanterandet av klimatförändringens effekter kan dra resurser från det traditionella arbetet för energiberedskap.

Framtida globala klimatavtal, alternativt hur nuvarande avtal konkretiseras, är en omvärldsfaktor som kommer att ha betydelse för vilken energipolitik som kan bedrivas inom såväl Sverige som EU. Detta gäller i synnerhet om EU eller andra konstellationer av länder (där Sverige ingår) väljer att gå före i klimatfrågan och därmed skapar en typ av unilaterala avtal utan krav på motprestationer från andra aktörer, i syfte att skapa förtroende, att vara ett föredöme och att påvisa behovet av en genomgripande energiomställning.

Scenarierna *Legato* och *Vivace*, till skillnad från *Forte*, ligger i linje med ett starkt klimatavtal. I *Espressivo* har det internationella klimatarbetets utveckling mindre betydelse.

Klimatförändringarna kommer i framtiden bli mer synliga och påverka en rad samhällsviktiga funktioner men en betydande osäkerhet kan förknippas med hur snabbt det kan gå samt storleken och omfattningen av klimatförändringarna. Konsekvenserna av fler extrema väderhändelser, såsom stormar, värmeböljor och översvämningar, kommer troligtvis att påskynda utvecklingen av den internationella klimatpolitiken. Ett ansträngt krishanteringssystem, där alltmer samhällsliga resurser nödgas allokeras för att hantera klimathändelser kan komma att minska utrymmet för andra satsningar, exempelvis civilt försvar. Klimatförändringarna kan vidare komma att påverka befintlig energiinfrastruktur, exempelvis om permafrosten i det ryska inlandet börjar tina ännu fortare.

B.2.5 Globala maktstrukturer, konflikter och geopolitisk utveckling

Den geopolitiska utvecklingen påverkar förutsättningen för de fria marknaderna som Sverige huvudsakligen baserar sin energiförsörjning på. Förskjutning i politiskt inflytande och principer för energipolitiskt samarbete kan påverka förutsättningarna för Sverige och EU att värna sin syn på styrningen av de globala energimarknaderna. Stabiliteten hos viktiga energileverantörer och kring viktiga transportleder har stor betydelse för tryggheten i energiförsörjningen.

De globala maktstrukturernas karaktär och förekomsten av konflikter inverkar på möjligheterna till väl fungerande globala marknader och handelsförbindelser, vilket Europa och Sverige är direkt beroende av och därmed indirekt även energiberedskapen. De globala maktstrukturerna baseras idag huvudsakligen på tillgången till, och inflytandet över, resurser, produktion och handel som manifesteras i ekonomisk makt.

Splittringen mellan länder med liten respektive stor ekonomisk makt kan komma att påverka de framtida globala marknaderna. Om utvecklingsländerna i högre grad återtar kontrollen över sina natur- och produktionsresurser, kan det innebära en ökad protektionism och nationalisering av resurser men lika gärna en mer öppen global marknad. Handelspolitiken i tongivande tillväxtländer såsom Indien och Brasilien är därför relevanta omvärldsfaktorer.

Specifika länders interna utveckling och externa agerande kan komma att spela stor roll på den internationella säkerhetsarenan och därmed vara relevanta omvärldsfaktorer. Det är dock vanskligt att betrakta dagsaktuella pågående konflikter (eller potentiella konflikter) som relevanta i ett längre framtidsperspektiv (t.ex. konflikterna mellan Pakistan och Indien, Iran och västvärlden, samt Nordkorea och övriga världen). Säkerhets- och geopolitiska aspekter och förhållanden som vi försiktigtvis dock bedömer som mer relevanta långsiktiga omvärldsfaktorer för det svenska energisystemet och beredskapen är:

- Rysslands strävan efter ökat internationellt inflytande och agerande gentemot grannländer
- USA:s framtida utrikes- och säkerhetspolitik (t.ex. engagemang i Europa) liksom balansen mellan kinesisk och amerikansk makt (ekonomisk och militär)
- EU:s utveckling (se kommande avsnitt)
- Konfliktkomplexet i Mellanöstern med alla dess direkta och indirekta aktörer (t.ex. Turkiet, Ryssland, USA, Iran, Israel och Saudiarabien)

Svensk säkerhet och beredskap påverkas direkt av främst Rysslands agerande och ambitioner, samt EU:s utveckling inkl. de transatlantiska relationerna med USA. Övriga pågående och potentiella konflikter påverkar främst indirekt, inte minst via påverkan på det internationella handelssystemet och därmed även energiförsörjningens framtida förutsättningar.

Om ett framtida USA skulle välja en mer isolationistisk väg skulle det kunna påverka förutsättningen att svensk säkerhet byggs i samverkan med andra. Sannolikheten för ett svenskt medlemskap i Nato skulle också minska eftersom attraktionskraften i organisationen skulle förändras om USA:s roll minskar till att bli bara en bland de andra medlemsstaterna istället för den ledande kraften.

B.2.6 EU:s utveckling

Som medlem i EU är utvecklingen av unionen av stor betydelse såväl för energiförsörjningen som för beredskapen. Ramen för utvecklingen av det svenska energisystemet sätts av de beslut som tas (eller inte tas) på EU-nivå om energimarknader, klimatpolitik, statsstödsregler och energiskatter. Även de principer som gäller för stöd (solidaritetsprinciper) inom krisberedskapen är viktiga för beredskapen.

I och med Sveriges medlemskap i EU är organisationens utveckling en omvärldsfaktor som påverkar Sverige på många olika sätt. EU:s utveckling behandlas inte i detalj i Fyra framtider men ett starkt respektive svagt EU diskuteras i en känslighetsanalys av omvärldsfaktorer. Man konstaterar att ett svagt EU inte ligger i linje med *Forte*, *Legato* och *Vivace*. EU kan på olika sätt påverka samtliga fyra scenarierna beroende på vilka andra antaganden som görs, vilket kan motivera övervägandet av aspekter såsom EU:s storlek, demografi, ekonomiska situation, konkurrenskraft, styrningsmodell etc.

EU har en delvis överstatlig energipolitik, utrikes- och säkerhetspolitik samt krishanteringsfunktion. EU:s framtida storlek och vilka länder som ingår däri påverkar därför svensk energiförsörjning och energiberedskap eftersom balansen mellan olika länders intressen kommer att förskjutas, där effekterna av Storbritanniens förestående utträde kommer att innebära ett första exempel.

EU:s framtida demografi har indirekt betydelse för både energisituationen och EU:s utveckling i stort. Det gäller exempelvis aspekter som urbanisering och migration. Ett på lång sikt demografiskt problem skulle kunna vara en åldrande och till och med minskande befolkning, såvida inte migrationen kan vända befolkningstrenden. Demografi och socioekonomiska förhållanden påverkar användandet av naturresurser, inte minst energianvändningen. En viktig faktor såväl inom unionen som i respektive medlemsstat kan vara hur aktiv politik som bedrivs avseende välförhållning och hantering av relativ fattigdom.

EU:s ekonomi påverkar Sveriges ekonomi men också energiförsörjningen, både avseende användningsnivåer och resurser som kan avsättas till investeringar. Minskad ekonomisk aktivitet leder sannolikt till lägre energibehov. Samtidigt kräver energiförsörjningen – särskilt i ljuset av den pågående energiomställningen – stora infrastrukturinvesteringar som är kostsamma.

Indirekt påverkas även energiberedskapen av EU:s ekonomi. Ett ekonomiskt starkt EU har sannolikt bättre förutsättningar för gemensam krishantering än ett svagt EU.

EU:s karaktär avseende samhällsstyrning är nära kopplat till dess beslutsförmåga. Detta har betydelse för vilken politik som kan föras avseende exempelvis energi och klimat samt säkerhet och krishantering, vilket påverkar förutsättningarna för svensk energiberedskap. En viktig omvärldsfaktor handlar därför om vilka

politikområden som i framtiden ligger på överstatlig nivå och vilka som inte gör det. För respektive politikområde som betraktas som överstatligt är det i det andra steget en fråga om hur långt överstatligheten sträcker sig. Var ligger gränsytan mot det statliga självbestämmandet? Finns det undantag inom vissa politikområden? Finns det nationella undantag?

Men det är inte givet att ett centraliserat EU förknippat med hög grad av överstatlighet är ett ”starkt” EU. Ett decentraliserat EU kan vara mer beslutsfärdigt om det finns tydliga gränser mellan det nationella och det överstatliga och att det bland medlemsstaterna finns en samsyn kring sådana institutionella konstruktioner.

Ett annat relevant tänkbart utfall är ett framtida resurseffektivt EU där varje medlemsstat *inte* bygger upp precis all kapacitet och alla funktioner som samhället kräver – men allt finns tillgängligt på EU-nivån. Det vill säga, medlemsländerna fördelar finansiering, uppbyggande och förvaltande av exempelvis krisberedskapsresurser, försvarsförmågor, elproduktionskapacitet, etc. Sådan nationell specialisering kan anses kostnadseffektivt men samtidigt öka riskerna för enskilda länder och kräver därför ett stort förtroende för det multilaterala samarbetet.

EU:s roll i världen och relationer med omvärlden avgörs av många faktorer. Även om EU:s industriella konkurrenskraft skulle försämrats kraftfullt så kan annan attraktionskraft upprätthållas, t.ex. avseende värderingar, livsstil och politiskt system med social trygghet och välfärdssystem liksom bejakande av miljöhänsyn och mänskliga rättigheter. Men EU kan också komma att betraktas som motsatsen till föredöme.

EU:s och därmed även Natos militära kapacitet kan vara en faktor som indirekt påverkar energiberedskapen. När det gäller energi kan man konstatera att Europa åtminstone på kort sikt förblir inte bara en stor konsument utan också importör av energi. EU:s energipolitik påverkar därför relationen med omvärlden, i synnerhet med exporterande länder. (EU:s energipolicy beskrivs i kommande avsnitt som en ”Energifaktor”.)

B.2.7 Svensk demografi, ekonomi, arbetsliv och socioekonomiska förhållanden

Demografi och ekonomisk aktivitet påverkar energianvändningens utveckling men också vilka resurser som finns tillgängliga för beredskapsåtgärder inom energisystemet. De socioekonomiska förhållandena inklusive förmögenhetspridning kan påverka antalet utsatta personer i samhället liksom förtroendet för samhällets institutioner. Arbetslivets former, inte minst möjligheterna till distansarbete, påverkar i sin tur sårbarheten för störningar i t.ex. drivmedelsförsörjningen.

Fler människor i fler aktiviteter, dvs. i en mer intensiv ekonomi, medför ökad energianvändning. Folkmängden liksom var människor bor och arbetar, samt vilka behov och förutsättningar de har, har inverkan på hur energiförsörjningen och beredskapen bör arrangeras. Demografi är ett tämligen tacksamt framtidsstudieområde tack vare sin relativt goda förutsägbarhet.⁶⁹ Större befolkningsförändringar kräver mycket stora trendbrott.

Hur den svenska ekonomin utvecklas har stor betydelse för såväl energisystemets utveckling som hur sårbart samhället är för indirekta effekter. Därvidlag är basen för ekonomin i termer av hur den framtida industristrukturen (se kommande avsnitt) kan komma att se ut relevant. Men inte bara vad som produceras kan ändras över tiden och skilja sig mellan olika scenarier utan även former för arbete. Ny informationsteknik innebär att det blir lättare att arbeta på distans. Det innebär ett minskat beroende av välfungerande transportsystem (och energileveranser till detsamma) men samtidigt ökar i stället beroendet av IT-systemet. När *Legato* lyfter fram att IT-lösningar ger ökade möjlighet att distansarbeta innebär det att en sårbarhet kan ersättas av en annan. Å andra sidan kan det ses som en ny redundans i systemet där IT-systemet fungerar som redundans för transportsystemet och vice versa (se även kommande avsnitt om transporter).

Beroendet för den enskilde av lönearbete kan också förändras. I såväl *Legato* som *Espressivo* minskar lönearbetets roll och hushållen ökar i stället på olika sätt sin självförsörjningsgrad. Dessa hushåll skulle i vissa lägen kunna öka sin beredskap för allvarliga samhällsstörningar.

Hur och var vi bor och arbetar har viss betydelse för energianvändningen, större betydelse för hur energiförsörjningssystemen organiseras samt för förutsättningarna för att lösa beredskapens uppgifter, exempelvis att värna civilbefolkningen och prioritera vilka samhällsviktiga funktioner som ska upprätthållas var (dvs. eventuella geografiska skillnader).

Var människor kommer att bo är inte lika säkert att förutse som befolkningsutvecklingen även om urbaniseringstrenden har varit både långsiktig och tydlig. Framtida ökad automatisering och robotisering inom landsbygdens näringar skulle, å ena sidan, kunna förstärka urbaniseringen ytterligare. Å andra sidan ökar teknikutvecklingen möjligheterna till att kunna bo och arbeta på annan plats än där de primära produktionsmedlen finns rent fysiskt, vilket skulle leda till motsatt utveckling.

⁶⁹ I SBC:s befolkningsprognos 2015-2060 varierar de huvudsakliga aspekterna som avgör framtida befolkningsmängd. I det ena extremfallet (med hög fruktsamhet, låg dödlighet och hög migration) förutspås den svenska befolkningen vara cirka 14 miljoner 2060. I det andra extremfallet (med låg fruktsamhet, hög dödlighet och låg migration) blir folkmängden cirka 11 miljoner. Trots att de olika faktorerna förstärker varandra i fallen blir skillnaden inte särdeles stor. SCB (2015). *Sveriges framtida befolkning 2015-2016*, demografiska rapporter 2015:2.

I Fyra framtider-scenariot *Legato* antas att så kallad frivillig enkelhet väljs av många personer, vilket implicit kan innebära att också många väljer att bo utanför de större städerna. Även Fyra framtider-scenariot *Espressivo* skulle kunna omfatta en avvikelse från urbaniseringstrenden eftersom självbestämmande men inte minst decentralisering betonas i scenariobeskrivningen.

Vilka som bor på vissa platser kan också ha betydelse i ett beredskapssammanhang. Ett exempel är att krisinformation och kriskommunikation måste ske på andra språk än svenska i områden där många som inte har svenska som modersmål bor. Även hänsyn till andra gruppers skilda förutsättningar kan behöva inkluderas i beredskapsplaneringen, exempelvis gamla människor på landsbygden med särskilt stödbehov.

Vad avser socioekonomiska förhållanden så förefaller svenskarna bli rikare men klyftorna ökar något.⁷⁰ Huruvida en eventuellt framtida sådan förstärkt utveckling gör att särskild hänsyn i beredskapsplaneringen bör tas till s.k. energifattigdom är osäkert.⁷¹

B.2.8 Svenska förhållningssätt, värderingar och beteendemönster

Förhållningssätt, värderingar och beteendemönster kan påverka politiska prioriteringar och den inriktning energisystemet kan ta. Olika sådana prioriteringar är grundläggande skillnadsskapare mellan de Fyra framtiderna. Men förhållningssätt och värderingar kan också påverka det förtroende för och förväntan om offentliga ingripanden som kan finnas i samhället och sätter därmed ramarna för vad t.ex. kan göra för att öka beredskapen i samhället.

De förhållningssätt och värderingar som råder i ett samhälle påverkar vilka prioriteringar som tillåts dominera i politiska sammanhang men också individens beteende. Det bör dock noteras att kopplingen mellan värderingar och beteende är relativt komplex eftersom individer är inlåsta i strukturer som i många fall förhindrar ett beteende som går i linje med deras värderingar.

Förhållningssätt och värderingar kan i sammanhanget energi och beredskap ha betydelse utifrån två olika aspekter. Dels har det betydelse för vilket energisystem som utvecklas. Vilka aspekter kommer att prioriteras när systemet byggs upp? Detta perspektiv har varit tydligt i Fyra framtider där värderingar och prioriteringar varit centrala förklaringsfaktorer för scenariernas olika egenskaper.

⁷⁰ SCB (2017). Databassökning på www.scb.se över inkomst- och förmögendestatistik.

⁷¹ Se begrepp m.m. i Johansson B., Jonsson D.K., Veibäck E., Mittermaier E. (2015). *Energifattigdom, trygg energiförsörjning och offentligt agerande*, FOI-R--4020--SE. Totalförsvarets forskningsinstitut.

Inte minst *Legato* beskrivs tydligt från ett värderingsperspektiv. En viktig faktor är prioriteringen av globala rättvisa och ekologisk hållbarhet vilket sätter tydliga begränsningar på de utsläpp som kan tillåtas från det svenska energisystemet liksom utnyttjandet av naturresurser. I samma scenario väljer många frivillig enkelhet vilket eventuell skulle kunna, utöver ett minskat resursutnyttjande, förväntas leda till lägre ställda förväntningar på tillgång på icke livsnödvändiga varor under en kris.

Dels har just förhållningssätt och värderingar även betydelse för hur beredskapssystemet kan komma att se ut. I scenariot *Espressivo* finns till exempel en strävan mot oberoende, självbestämmande och decentralisering bort från folkhem och centraliserade system. Här uppkommer en naturlig fråga hur det påverkar offentliga institutioners roll i beredskapsarbetet. Om det finns såväl ett mindre intresse som acceptans för gemensamma system är det rimligt att tro att olika myndigheters roller kan komma att omprövas. Denna fråga leder naturligt över till samhällsstyrningens och samhällsplaneringens roll.

B.2.9 Svensk samhällsstyrning, samhällsplanering och fysisk planering

Hur samhället styrs och vilka prioriteringar som görs påverkar såväl de energiflöden som uppkommer i samhället som i vilken mån samhället är sårbart för de störningar som uppkommer. Hur synen på samhällsplanering i allmänhet ser ut i samhället kan också i viss mån förväntas spegla hur synen på planering som utgångspunkt för beredskapsbyggande kan förväntas se ut.

Frågan vilka verksamheter som kommer att prioriteras i samhällsplaneringen kan få stor betydelse för samhällets utveckling. Kommer prioritering att ske utifrån näringslivets behov eller kommer i stället fokus läggas på andra samhällsintressen? I *Forte* sker planeringen av infrastrukturen utgående från näringslivets behov och industriell produktion, transporter och energiproduktion får styra över riksintresset natur. Detta får naturligt konsekvenser för energiförsörjningen och kan bedömas leda till att energiberedskapen prioriteras. Samtidigt kan andra prioriteringar i till exempel *Legato* göra samhället mindre sårbart för störningar genom mer blandade bostadsområden, mer lokal handel och att gående, cykel och kollektivtrafikanter prioriteras.

Förutsättningarna för planering beror dock av flera andra saker. Planeringens legitimitet kan påverkas positivt om det är fler medborgare aktiva i medborgardialog kring planering. Det skulle inte enbart kunna påverka legitimiteten för fysisk planering utan även för beredskapsplanering. I scenariot *Legato* lyfts medborgarnas aktivitet i medborgardialoger kring planering upp som en egenskap i scenariot. I ett annat scenario, *Espressivo*, spelar i stället planering en mycket begränsad roll för att sätta ramarna för samhällsplaneringen, i stället växer en form av ”självorganiserat samhälle” fram inom dess ramar.

Det är samtidigt väl känt att lokala opinioner i planeringssammanhang kan leda till att lokala aspekter får större tyngd jämfört med mer övergripande politiska mål (till exempel vad gäller vindkraftens roll i den fysiska planeringen). Frågan är om samma risk uppkommer även vid lokal beredskapsplanering dvs. att mer övergripande nationella säkerhetsprioriteringar inte får tillräckligt utrymme. I scenariot *Espressivo* finns ett antagande att lokala intressen ofta får stå över riksintressen, något som då skulle kunna riskera att skapa en intressekonflikt även utifrån ett beredskapsperspektiv.

B.3 Energifaktorer

B.3.1 Energiteknik och energiparadigm

Den energitekniska utvecklingen och befintliga energiparadigm styr tydligt hur energisystemet utvecklas. Nya tekniska lösningar möjliggör nya systemstrukturer men befintliga energiparadigm styr i vilken grad dessa kommer till användning. Befintlig energiteknik och dominerande energiparadigm påverkar de ramar som finns för utvecklingen av energipolicy.

Utvecklad och tillgänglig energiteknik är frukten av en lång process som kräver starka och uthålliga så kallade energiparadigm. Energiparadigm ska i detta sammanhang tolkas som den rådande synen på vad som är rimligt, rätt och riktigt för energisystemens utveckling på kort och lång sikt. Detta knyter nära an till både förutsättningarna för ny energipolicy (se kommande avsnitt) och effekterna av densamma. Här är det intressant att notera att ett paradigmskifte kan ske på olika nivåer; t.ex. inom policy, system, teknik, eller konsumtion. Det betyder att helt olika policyparadigm (t.ex. prioritering av försörjningstrygghet respektive prioritering av klimat) kan medföra samma val av energiteknik (t.ex. storskalig vindkraft) men också givetvis målkonflikter (t.ex. avseende fossila bränslens roll). På motsvarande sätt kan nya systemparadigm liksom tekniska genombrott medföra förändringar både uppåt och nedåt i hierarkin.

Förändringar på systemnivån med potentiell förmåga att medföra paradigmskiften kan exempelvis vara decentraliserade smarta elnät, som skapar ökade möjligheter för småskalig produktion av framför allt det förnybara slaget. Andra exempel skulle kunna vara elsystemtekniska genombrott för effektivare energilagring liksom långväga elöverföring. Samtidigt behöver inte förändringar på systemnivån förknippas med en teknisk förändring utan kan också vara förändringar avseende de dominerande distributionsvägarna för energi, exempelvis om naturgas i form av LNG (liquefied natural gas) transporteras över haven istället för via rörledning.

Även energieffektivisering kan ses som ett teknikutvecklingsområde. Det kan handla om effektiviserad produktion och distribution men de stora potentialerna

finns på användarsidan. Energieffektivitet kan ha en direkt energisäkerhetskoppling. För importländer kan en minskad energianvändning innebära minskade risker förknippade med externa beroenden. För producentländer innebär en ökad energieffektivisering, dvs. minskad inhemsk konsumtion, ökade möjligheter till ytterligare extern avsättning och mer intäkter.⁷²

Den globala energiproduktionens karaktär är i dagsläget generellt sett fossilbaserad och storskalig. En framtid som domineras av mer förnybar energi kan ha både stor- och småskalig karaktär, mer mikroproduktion, mer variabel elproduktion etc. vilket skapar olika förutsättningar för energiberedskapen.

B.3.2 EU:s energipolicy

EU:s energipolicy har stor betydelse för det svenska energisystemets utveckling då olika gemensamma mål förväntas uppnås och styrmedel implementeras. I praktiken har enskilda medlemsländer kunnat bibehålla många frihetsgrader genom att implementeringsgraden varierar. I vilken grad det finns gemensamt externt agerande från EU påverkar tyngden i argument för en transparent och fri global energimarknad.

EU:s framtida energipolicy har direkt påverkan på EU-ländernas framtida energiförsörjning och förutsättningar för beredskapen. Området handlar bland annat om maktfördelningen mellan union och medlemsstat men också om hur drivande kommissionen är avseende EU:s energipolitik.

Omvänt kan man adressera medlemsstaternas inflytande på EU:s energipolitik. Eller mer nyanserat; vilket framtida inflytande får medlemsländerna avseende tillämpningen av en redan fastslagen energipolitik på överstatlig nivå? En nyckelfråga är viljan att använda styrmedel för att reglera utbud och efterfrågan av olika energislag inom EU.

EU har uttalat ambitionen att genomdriva en omfattande energiomställning. En framtida havererad klimatpolitik skulle kunna innebära en risk för att även den inre marknaden för energi fallerar och att den gemensamma energisäkerhetspolitiken överges, liksom i förlängningen även solidariteten mellan medlemsländerna i händelse av kris.

Den europeiska energipolitiken avgörs inte bara i Europa, eller av den globala tillgången på energiresurser, utan även av förhållandet med omvärlden och relationerna med exporterande stater. Demokrati och mänskliga rättigheter är en

⁷² De oljeproducerande staterna i Mellanöstern har idag en hög energiintensitet och den förväntas dessutom öka. Exempelvis används omkring 25 % av Saudiarabiens enorma oljeproduktion för inhemskt bruk och olja som bränsle för elproduktion ökar. Även Ryssland förknippas med hög energiintensitet. Energieffektivisering är därför ett prioriterat ryskt energipolitiskt mål.

av unionens hörnstenar, liksom bejakandet av konkurrens och marknadsprinciper. Frågan är hur mycket dessa principer kan komma att påverka förhållandet med exportländer såsom exempelvis Ryssland och Saudiarabien i framtiden och hur detta i sin tur påverkar den europeiska energisituationen.

Ökad självförsörjningsgrad är en del av EU:s energipolicy som är nära kopplat till marknadssituationen inom EU, dvs. hur ser uppdelningen mellan företag, stat, institutioner och övriga aktörer ut? Till detta kommer också graden av utländskt ägande av energitillgångar, omvandlingsanläggningar och infrastruktur. Grovt sett kan man säga att frågan om självförsörjningsgradens relevans avgörs av marknadssituationen. EU har som utgångspunkt att sträva efter att i så hög grad som möjligt kunna förlita sig på fungerande och fria marknader för sin externa energiförsörjning. Inom EU är enskilda medlemsstaters vilja att fullt ut anamma denna inställning inte alltid självklar beroende på olika utgångslägen avseende avregleringar och s.k. unbundling, dvs. en tydlig åtskillnad mellan konkurrensutsatt verksamhet och monopolverksamhet.

B.3.3 Svensk energipolicy

Vilken tyngd som läggs på energipolitikens olika pelare kan påverka hur energibalansen utvecklas men även i vilken grad styrmedel och åtgärder för trygg energiförsörjning inklusive beredskap kommer att prioriteras.

Energi politikens tre pelare är såväl i Sverige som i EU konkurrenskraft, försörjningstrygghet och hållbarhet. Den tyngd de olika pelarna har haft i praktisk politik har dock varierat över tiden och det är inte givet hur denna vikt kommer att se ut i framtiden och kommer att bero av dominerande samhällsliga värderingar och prioriteringar. Prioriteringen av energipolitikens olika delar skiljer sig också åt mellan olika EU-länder,⁷³ vilket i sin tur kan påverka EU:s energipolitik och därmed också ramarna för Sveriges politik, se ovan. Exakt hur prioriteringarna mellan målets tre pelare ser ut i de olika scenarierna är otydligt i scenariobeskrivningarna möjligen med undantag för scenariot *Forte* där det står att utgångspunkten ska vara säker tillförsel till låga och stabila priser.

Men det är inte bara de övergripande prioriteringarna som kan utvecklas på olika sätt utan även metoderna för hur dessa mål ska kunna uppnås. Här kan det till exempel röra sig om vilken roll som tillmäts energimarknaderna och i vilken grad staten ska blanda sig i. Här finns det vissa kontraster mellan scenarierna där staten å ena sidan i *Forte* anges få ökat ansvar för styrningen av energiförsörjningen medan i *Legato* tryggheten i energisystemen sägs bygga på välfungerande marknader, stort utbud, hög flexibilitet och en god beredskap för

⁷³ Johansson, B., Sonnsjö, H., Jonsson D.K. (2015). *Energiunionen som en del av EU:s energipolitik*. FOI Memo 5420, Totalförsvarets forskningsinstitut, Stockholm.

att hantera konsekvenser av eventuella störningar. I *Vivace* är elmarknaden väl kopplad till den europeiska elmarknaden vilket innebär att svenska producenter inte behöver lösa överskotts- och underskottssituationer på egen hand.

Exempel på konkret styrning som ges i scenarierna med betydelse för beredskapen är till exempel styrmedel för diversifiering av drivmedelsförsörjningen (*Forte*), ökade krav på beredskapslagring (*Forte*), politiska beslut som förenklar leverans egenproducerad el och värme till nät (*Espressivo*) och statligt stöd till uppbyggnad av batterilager (*Vivace*). Detta är naturligtvis endast en begränsad del av de konkreta styrningsalternativ som staten skulle kunna utnyttja för att stärka energiberedskapen.

B.3.4 Teknisk systemkaraktär

Valet att prioritera storskaliga respektive småskaliga tillförselsystem kommer att påverka energisystemets utveckling och vilka tekniska och institutionella lösningar som fungerar i beredskapsarbetet. Möjligheter till efterfrågeflexibilitet och ökad användning av energilager påverkar här möjlighetsutrymmet. Den totala energianvändningsnivån kommer att ha stor betydelse för systemets känslighet för prischocker, detsamma gäller graden av energidiversitet.

Även om policy är viktigt för energiberedskapen så är det den konkreta utvecklingen av systemen som kan ha störst betydelse för beredskapen. Denna utveckling beror inte enbart på policy utan ett stort antal samhällsfaktorer såsom teknisk utveckling, efterfrågemönster etc. Frågor inom detta område rör hur olika delar av systemen hänger ihop, redundans och diversitet på systemnivå, flexibilitet m.m. Även totala energianvändningsnivåer i samhället kan ha betydelse för sårbarheten för till exempel kraftiga prishöjningar.

En systemaspekt som ofta lyfts fram som systemskiljande är kontrasten mellan storskaliga, centraliserade energisystem som betonas i *Forte* och mer småskaliga decentraliserade system. De senare lyfts inte fram specifikt i scenarierna men kan anas bakom beskrivningar i framför allt scenariot *Espressivo* där det nämns att egenproduktion är identitetsskapande, att mindre användare har en mer framträdande roll på elmarknaden, och att det sker en utbyggnad av mikronät. Det är inte från beskrivningarna självklart vilka system som bäst kan garantera hög försörjningstrygghet och god beredskap eftersom det beror på hur väl systemen fungerar och detaljerna i systemen.

En sådan faktor kan vara förmågan till efterfrågeflexibilitet i systemen där det i *Forte* anges att det finns låg efterfrågeflexibilitet, medan ökad laststyrning betonas i *Legato*. Den senare stöds av olika system t.ex. listor med elkunder som kan kopplas bort och att nya vitvaror styrs mot frekvens. Även i *Espressivo* finns system som kan öka efterfrågeflexibiliteten där man som konsument t.ex. kan välja önskad nivå av leveranssäkerhet. Även i *Vivace* omnämns faktorer som kan

påverka efterfrågeflexibiliteten t.ex. betoning av intelligenta komponenter i elsystemet, att en del av den energiintensiva industrin kan köras variabelt för att balansera överskottsel, att effekthöjning i vattenkraft kan öka bl.a. förutsättningarna att fungera som systemtjänst, och att internet kan fungera som reglerresurs. Samtliga dessa systemegenskaper kan bedömas öka förutsättningarna för att balansera tillförsel och efterfrågan under ”normala” förhållanden. Men det är inte självklart att de kommer att vara tillräckliga lösningar för att hantera händelser kopplade till kriser, höjd beredskap och krig.

I ett par av scenarierna lyfts ökade lager i elsystemet fram. I *Forte* omnämns möjligheten för elfordon att agera lager som en möjlighet medan man i *Legato* lyfter upp centrala lagringslösningar såsom batterier och pumpkraftverk. Dessa lager kommer att innehas av både producenter och staten.

Förstärkta elnät är ett sätt att öka försörjningstryggheten. I scenario *Legato* beskrivs att elnäten kommer att förstärkas på alla nivåer vilket torde öka försörjningstryggheten och beredskapen.

I scenariot *Legato* antas energianvändningen minska kraftigt. Minskad energianvändning har i andra studier visat sig ha att i huvudsak positiva effekter på energisäkerheten även om det kan ha vissa negativa bieffekter om distributionssystemen anpassas till de minskade energiflödena.⁷⁴ Det kan handla om färre bränsledepåer som ökar sårbarheten eller minskat antal drivmedelsstationer vilket försvårar tillförseln till glesbygd. Denna senare aspekt lyfts upp i scenariot *Legato* som ett potentiellt problem där man noterar att eftersom de totala kvantiteterna blir mindre än idag blir det svårare att distribuera till glesbygd. I scenario *Legato* innebär samtidigt den låga energianvändningen i förhållande till tillförseln att både el, biobränslen och biodrivmedel kan exporteras. Denna gynnsamma balans skulle kunna indikera relativt goda möjligheter för nationell försörjning vid krig och avspärning eftersom beroendet av extern tillförsel då är begränsad.

Diversitet i energitillförseln vad gäller energislag och leverantör minskar den samhälleliga sårbarheten för ökade priser på enskilda energislag. Finns det dessutom flexibilitet i systemet och hos den enskilde kan sårbarheten minska ytterligare. Användningen av energislag beskrivs relativt omfattande i Fyra framtider varför vi beskriver det i ett särskilt kapitel.

B.3.5 Energislag

Byggandet av energiscenarier baseras oftast på mer eller mindre explicita antaganden om prioritering och fördelning mellan olika energislag. Denna

⁷⁴ Se t.ex. se Jonsson, D.K., Johansson, B. (2013). *How can improved energy efficiency affect energy security?* ECEEE Summer Study Proceedings (European Council for an Energy Efficient Economy), pp. 13-18, June 2013.

fördelning påverkar i stor grad sårbarheten för störningar i energitillförseln men för en bedömning av sårbarheten måste hänsyn tas till möjligheterna till substitution vilket i sin tur sammanhänger med aktörernas flexibilitet.

Energibalanser och olika energislags roll har en naturligt stor roll i beskrivningar av energiscenarier. Så också i Fyra framtider där energibalanser presenteras för de fyra scenarierna. Det är dock inte självklart hur dessa balanser ska tolkas ur ett beredskapsperspektiv.

På elsidan är det i mångt och mycket kärnkraftens roll relativt den förnybara energi som skiljer de olika scenarierna åt. En tydlig kontrast finns här mellan *Forte* där storskaliga elanläggningar, främst kärnkraft, byggs ut medan vindkraften minskar och i *Legato* och *Vivace* där kärnkraften fasas ut medan satsningar görs på flödande energiresurser respektive förnybar el.

Beskrivningen att satsning i *Legato* ska vara på flödande energiresurser syftar inte explicit på el utan här lyfter man generellt upp även att den fossila energin nästan inte används alls och är helt utfasad i den nya bioindustrin. Dock finns inslag av CCS, vilket skulle kunna möjliggöra fortsatt användning av fossil energi, men i scenariot antas CCS främst vara i form av Bio-CCS. I *Forte* antyds en viss ökning av naturgas genom att industrin initierar en infrastruktur för naturgas.

Generella diskussioner kring energislag kan vara intressanta i ett beredskapsperspektiv men för beredskapen kan det vara av väl så stort intresse att fokusera på olika sektorer användning och vad det får för konsekvenser för deras möjligheter att fungera. I Fyra framtider beskrivs en hel del relevanta faktorer med inriktning på transporter och byggnader vilket beskrivs nedan.

B.3.6 Energianvändning i transporter, byggnader och industri

Utvecklingen i olika användarsektorer är central för den totala energianvändningen men även efterfrågan på olika energislag. Detta beror i sin tur på utvecklingen av ett stort antal omvärldsfaktorer. Transportmönster, boendeytor och industristruktur kan ändras över tiden och har stor betydelse för hur mycket och vilka energibärare som ska levereras och vilken infrastruktur som behövs.

Transportsektorn är idag i mycket stor grad oljeberoende och ses ofta som en nyckelsektor både vad gäller dess betydelse för utsläppen av växthusgaser och vad gäller beroendet av importerade bränslen och därmed utvecklingen på internationella bränslemarknader. Utvecklingen inom transportsektorn beskrivs också relativt noggrant i Fyra framtider.

De alternativ som lyfts upp för transportsektorn är huvudsakligen biodrivmedel eller elbaserade lösningar där fokus placeras olika i de olika scenarierna. Det

enda undantaget är i *Forte* där även naturgas antas få en viss roll för tunga transporter för att diversifiera tillförseln.

Utöver rena bränslebyten spelar antaganden om vilken roll individuella motoriserade transporter har stor roll för energianvändningen och nära relaterat till detta i vilken grad olika infrastruktursystem kommer att prioriteras. Det kan handla som elvägar, som i *Forte* där tunga fordon av hybridtyp är tänkta att användas. Men det kan också handla om byggande av särskilda godsstråk för järnvägen (*Forte*) vilket kan leda till en förflyttning av godstransporter från väg till järnväg vilket kan påverka flexibilitet och sårbarheter på olika sätt men denna sårbarhet beror i sin tur beror på i vilken form de spårbundna godstransporterna är flexibla och kan omflyttas till väg vid eventuella störningar. Även i *Vivace* prioriteras järnvägstransporter men här är fokus på persontransporter och snabbtågsförbindelser.

I *Forte* är annars fokus på elbaserade transportlösningar men biodrivmedel, huvudsakligen importerade, används också inblandade i de fossila bränslena. I *Vivace* produceras i stället biodrivmedel i stor skala och kan exporteras men avancerade biobränslen används också tillsammans med el för svenska transporter. I *Legato* är transportsystemet helt fossilfritt med en blandning av rena elbilar, hybrider och biobränslen. Det är bara förnybara drivmedel i tankarna både nya typer och sådana som liknar dagens bensin och diesel.

Uppvärmning och möjlighet till matlagning mm är nyckelfaktorer för att säkra befolkningens liv, hälsa och välbefinnande. I flera av scenarierna är energianvändningen klart lägre än idag och byggnaderna är kopplade smarta system som gör att man i större eller mindre grad blir självförsörjande. Det gäller i olika grad i alla scenarier förutom *Forte*. Låg energianvändningen innebär också minskad sårbarhet för kraftiga prishöjningar och minskar risken för utsatta konsumenter.

Möjlig egenförsörjning kan vara av stort värde i krissituationer men vad som händer med de centrala systemen i en sådan process är viktigt för helhetsbedömningen. Vad händer med de fastigheter som inte går den vägen?

Tillverkningsindustrin svarar för ungefär en tredjedel av den svenska energianvändningen och en förändrad konkurrenskraft för denna på sikt har stor betydelse för den svenska energibalansen. En krympande energiintensiv industri skulle minska såväl bränsle- som elbehov. Samtidigt baseras en stor del av energianvändningen inom massa- och pappersindustrin på interna bränslen i form av restprodukter. En krympande energiintensiv industri skulle samtidigt öka importbehovet av material eftersom material kan förväntas behövas i samhället oavsett scenario. Och även om den energiintensiva industrin kan tyckas mer energiberöende än andra sektorer gäller det främst vad gäller kvantitet och därmed sårbarhet för ökande elpriser. Ett långvarigt elavbrott kan vara väl så

allvarligt för en mindre energiintensiv aktör eller samhällsviktig verksamhet vars verksamhet inte fungerar.

Även med bibehållen övergripande industriell struktur kan omfattande ändringar ske. I många sammanhang pratar man om ett kretsloppssamhälle och cirkulär ekonomi (det gäller i Fyra framtider såväl scenariot *Legato* som scenariot *Vivace*). I ett utbyggt kretsloppssamhälle kommer efterfrågan på jungfruliga råvaror att minska vilket i sin tur påverkar såväl energianvändning som de energislag som används. I *Vivace* noteras det att Sverige blir ett nav i återvinningsindustrin. Om produktionen ska vidmakthållas på dagens nivå genom användning av återvunna råvaror innebär det att det för en nettoexportör av energiintensiva material som Sverige uppkommer behov av import av dessa material för återvinning.