

Jesse Fahnestock, Kersti Karltorp

November 2019

jesse.fahnestock@ri.se, kersti.karltorp@ri.se | energyeconomicslab.se

Behov av forskning och innovation för ett 100% förnybart elkraftsystem – En forsknings- och innovationsagenda

Sverige har ett energipolitiskt mål att ha ett elkraftsystem med 100% förnybar produktion till 2040. Målet har resulterat i ett flertal analyser, rapporter, och initiativ från myndigheter, institut, företag och branschorganisationer. Samtidigt anses det att behovet av samordning ökar.

För RISE som Sveriges samlade forskningsinstitut är forsknings- och innovationsaspekter av särskilt intresse. Mycket som måste till stånd för att ställa om till ett 100% förnybart elkraftsystem är inte innovationer i sig, exempelvis ny förnybar produktion och transmissionskapacitet. Men innovation har en viktig roll att spela, särskild när det gäller möjliggörande tekniker, nya marknadsstrukturer, affärsmodeller med mera.

Mycket forskning och innovation av denna typ görs redan idag, både offentligt och hos företag. Denna rapport gör ingen kartläggning av dessa aktiviteter utan syftar istället till att identifiera behov och prioritera områden där forskning och innovation bör stärkas eller accelereras för att bidra till en omställning. Rapporten kan ses som en agenda för forskning och innovation för ett 100% förnybart elkraftsystem i Sverige, vilket är i linje med det nationella mål som är satt för år 2040.

Arbetet med denna rapport leddes av RISE, och det är också RISE som står för innehållet. Intressenter från en rad olika organisationer (se Bilaga 2 och 3) har försett analysen med kunskap och synpunkter om vad som behövs och ska prioriteras. Men ingen av intressenterna har ombetts att skriva under rapporten som en agenda för forskning och innovation. Arbetet utfördes i tre steg.

1. Först genomfördes en strukturerad läsning igenom ett urval av befintliga rapporter. Genomläsningen syftade till att identifiera och kategorisera utmaningar som kan uppstå under omställningen mot 100% förnybart, samt de forsknings- och innovationsbehov som följer från utmaningarna. En rapportförteckning finns i Bilaga 1.
2. Sju intressenter intervjuades (se Bilaga 2). Intervjuerna var semi-strukturerade och utgick från lärdomar om utmaningar och lösningar från rapportgenomgången.
3. Baserade på dessa första steg togs ett ramverk fram för att kunna förstå vilka de främsta utmaningarna är som har implikationer för forskning och innovation. Ramverket presenterades i en

intressentworkshop med 11 deltagare (se Bilaga 3). Under workshoppen ombedes intressenterna att göra en gapanalys på forskning och innovationen som görs idag, samt beskriva och prioritera möjliga insatser framöver.

Rapporten som följer är en syntes av alla tre steg i arbetet. I nästa kapitel presenteras utmaningar för att nå målet och i kapitlet därefter presenteras områden med lösning för dessa utmaningar. Gemensamt för alla områden är att det finns stort behov av forskning och innovation inom dessa.

Utmaningar för att nå målet om 100% förnybart elsystem 2040

Omställningen till 100% förnybar elkraft skapar utmaningar för hela elkraftssystemet. Här definieras "system" i en bred mening – både de tekniska systemen som genererar och levererar el, det sociala systemet som är nära sammankopplat med det tekniska och inkluderar bland annat aktörsnätverk och hur dess samverkan styrs av regler, roller, normer, marknadsplatser samt gränssytor mot andra sociotekniska system i samhället (Figur 1). Med utmaningar menar vi hinder som finns för en omställning till 100% förnybart, men också behov av nytänkande kring marknadsstrukturer, roller och beteende kopplad till en utveckling som gynnar att Sveriges energipolitiska mål¹ uppfylls.

Utmaningarna är många och har analyserats ur olika perspektiv av t.ex. Energimyndigheten², Energikommissionen³, NEPP^{4,5} med flera. Detta kapitel sammanställer de olika utmaningar som har identifierats under rapportgenomgången, intressentintervjuerna och workshoppen under fem rubriker. Rubrikerna har formulerats som ett försök att beskriva breda utmaningar där forskning och innovation utgör en del av lösningen.

Utmaning 1: Systemets tillförlitlighet utmanas då effekt är svårare att säkra och det är stor osäkerhet kopplad till hastigheten på omställningen.

Denna utmaning innehåller två stora delutmaningar. Den första handlar om eleffekten, dvs kapacitet att generera el vid en viss tidpunkt. Med en ökande andel variabel produktion blir det svårare att säkerställa att den tillgängliga effekten i systemet kan möta efterfrågan, då stora delar av kapaciteten är beroende av vind och sol. Flera studier har tittat på hur mycket kapacitet behövs givet olika produktionsportföljer. NEPP (2019) uppskattar ett fördubblad behov av balanskraft och reglerkraft.⁶ Bland alternativen för att möta

¹ Se Regeringens proposition 2017/18:228, Energipolitikens inriktning

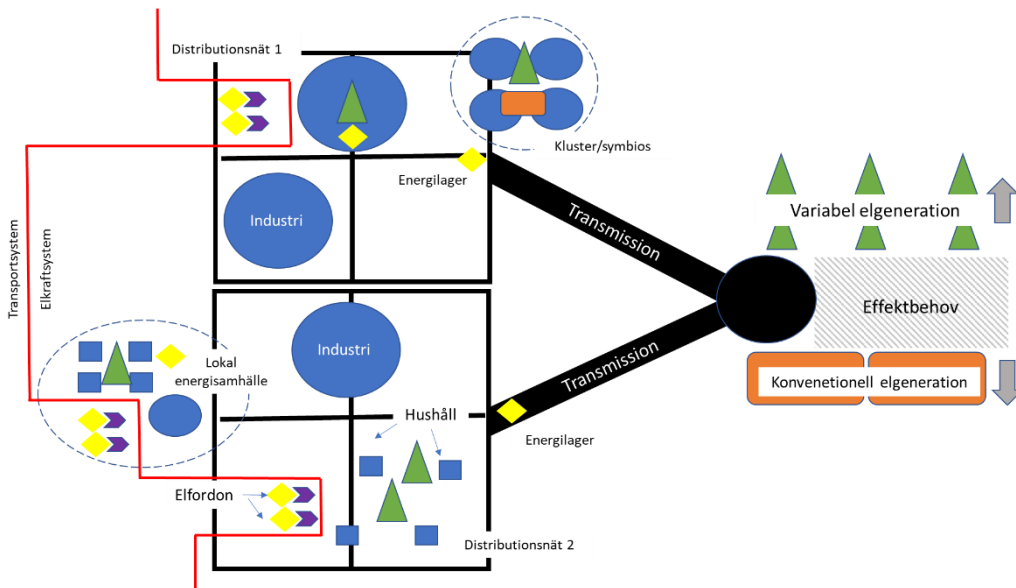
² Energimyndigheten (2019) Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem, Delrapport 1: Framtidens elsystem och Sverige förutsättningar, ER 2018:16

³ Energikommissionen (2017) Kraftsamling för framtidens energi, Betänkande från energikommissionen, ISBN 978-91-38-24552-1

⁴ NEPP (2019) Energisystemet i en ny tid – resultat och slutsatser i halvtid

⁵ NEPP (2018) 30 insikter och slutsatser om vårt gemensamma energisystem - i vår gemensamma framtid

⁶ NEPP (2019) Energisystemet i en ny tid – resultat och slutsatser i halvtid



Figur 1. Elkraftsystemet med komponenter och angränsande system så som transportsystemet.

kapacitetsbehov finns utökade transmissionsförbindelser till andra länder, utökad effekt i vattenkraften, mer lagring, ökad flexibilitet på efterfrågasidan och gasturbiner som kan hantera effekttoppar.⁷

Risken för effektbrist kan skapa behov av tydligare styrning av produktionsutvecklingen. En fråga av avgörande betydelse är vilken roll kärnkraften kommer spela under perioden fram till 2045. Andra osäkerheter är takten i vindkraftens utbyggnation, som kan anses oförutsägbar på grund av tillståndsfrågor. Framtiden för kraftvärme är också osäker då utsläppen från förbränning av fossilplast måste hanteras.⁸

Åtgärder för att hantera eleffektutmaningen inkluderar utökad reservkraft, flexibel användning och även nya och/eller utvecklade marknadsmekanismer för kapacitet.

Den andra delutmaningen handlar om "näteffekt" dvs transmissions- och distributionsnätens kapacitet att leverera el dit det behövs. Till skillnad från eleffektfrågan uppstår brister i näteffekt redan idag, när flaskhalsar i nätet har påverkat utvecklingsplaner i städer, regioner, och industrier. Flaskhalsar skapas idag av t.ex. urban tillväxt eller nya och växande behov från industri. På sikt förväntas urbanisering fortsätta och behovet av nätkapacitet till städer öka ytterligare på grund av ökad användning av el inom transportsektorn. Denna typ av transporter kommer även att ökas utanför städer och många industrier undersöker möjligheter till elektrifiering av energiintensiva processer. Även om eleffekten i systemet räcker till måste elen levereras där dessa verksamheter lokaliseras. Bristande näteffekt skapar behov av snabbare planering och beslut samt säkerställande av tillgång på kompetens som krävs för utbyggnaden.

Utmaning 2: Systemets stabilitet utmanas då mekanisk tröghet minskar, vilket kan leda till försämrad elkvalitet

⁷ Sweco Energuide AB (2018) Stora effektfrågan - Resultat från Apollokörningar

⁸ NEPP (2019) Energisystemet i en ny tid – resultat och slutsatser i halvtid

Elsystemets efterfråga och produktion måste hållas i balans genom frekvensreglering, vilken idag utnyttjar bufferten som skapas, till stor del, av mekanisk tröghet i synkrona generatorer vid traditionella produktionsenheter. Vind- och sol-baserad generation förväntas öka men har inte samma egenskaper, vilket gör att systemets totala tröghet minskas och därmed också systemet förmåga att vara motståndskraftigt mot variationer i balansen mellan produktion och konsumtion.

Många alternativ finns för att ersätta mekanisk tröghet. Så kallade syntetisk svängmassa kan skapas genom att använda snabba effektomriktare vid vindkraftsanläggningar. Utbyggnad av likströmsförbindelse kan öka integrationen länder och regioner kan användas för att dela på systemtrögheten. Batterisystem kopplad till nätet kan svara på kortsiktigt balanseringsbehov, bl.a. genom att tillhandahålla syntetisk svängmassa.⁹

Men oklarheter finns idag kring hur dessa lösningar kan och ska kombineras så att systembalansen upprätthållas på bästa sätt. Vilka krav på systemaktörer och/eller incitament och marknader behövs, till exempel, för att införa effektomriktare vid produktion eller batterilagring i nätet? Hur samspelar dessa lösningar med andra förändringar, som till exempel självstyrda konsumtionsenheter som värmepumpar som aggregeras och optimeras, med oklar effekt på det övriga systemet. Hur påverkar åtgärder för kortsiktig balanshållning andra system som t.ex. nya flexibilitets- och kapacitetsmarknader?

Utmaning 3: Systemets trovärdighet och acceptans utmanas av en flerspårig utveckling

Det svenska elsystemet kommer att innehålla allt mer distribuerade produktionsresurser som ägs och drivs av andra aktörer än traditionella elbolag: hushåll och fastighetsägare som installerar solceller och batterisystem; industriföretag och kluster som äger vindkrafts- och kraftvärmeanläggningar som är anslutna till nätet; även lokala "energiamhällen", där flera hushåll och fastigheter utvecklar produktion- och lagringsresurser och handlar med el.

Hur dessa resurser integreras med det bredare elsystemet har implikationer för resursfördelning, rättvisa och vilken social acceptans det framväxande kraftsystemet får. Utvecklas nya beteende och arrangemang som "prosumtion" och (delvis) självförsörjande lokala energiamhällen främst bland delar av samhälle med stora ekonomiska resurser kan deras legitimitet ifrågasättas, särskild om de orsakar kostnader som socialiseras via det traditionella elsystemet. Socialisering kan ske via subventioner eller när användare utnyttjar systemet som en "backup" utan att göra en motsvarande inbetalning för systemets underhåll och utveckling. Negativa distributionseffekter behöver inte följa från decentralisering, men risken finns – både i verklighet (i fall marknads- och policydesign misslyckas) och i förväntan på hur systemet ska utvecklas. För att undvika ett misslyckande bör både resurseffektivitet och fördelningseffekter på systemnivå bevakas.

Utmaning 4: Digitalisering skapar nya utmaningar för systemets säkerhet och robusthet

Digitalisering av elsystemet gör det möjligt att samla in mer information om elsystemets alla led – produktion, användning och distribution, via mätare och sensorer, och att styra systemet på ett smartare sätt. Informationen

⁹ IVA (2016), Svängmassa i elsystemet – En underlagsstudie IVA-projektet Vägval el, ISBN: 978-91-7082-929-1

kan användas för att optimera drift och underhåll, men också för att möjliggör nya roller och nytt beteende som ökar systemets flexibilitet.

En utökad digitalisering av elsystemet borde kunna bidra till ökad trygghet i försörjning genom att leverera mer och bättre information kring systemets drift och eventuella problem. Däremot skapas en ny sorts sårbarhet då både tekniska fel och riktade anfall kan spridas via digitala kanaler och påverka hela systemets drift. Vissa tänkbara lösningar, till exempel marknader för flexibilitetstjänster, kan kräva att fler aktörer än idag kommer åt digitala informationsflöden inom elsystemet. Detta kan leda både till teknisk sårbarhet och integritetsrisker kopplade till användarnas data. Samtidigt kan dessa risker och osäkerheter skapa hinder för utveckling av viktiga tjänster, då man hamnar i en situation där "alla vill ha data men ingen vill dela".

Utmaning 5: Systemets fristående utmanas av nya gränssytor och sammankoppling både inom systemet och mot andra system (transport, fjärrvärme, industri)

En utmaning som är både stor och osäker ur elkraftsystemets perspektiv är hur systemets gränssytor mot andra socio-tekniska system kommer att förändras under en omställning.

Ny efterfrågan från elektrifierade mobilitetslösningar och industriella processer kan öka risken för effektbrist; samtidigt kan dessa system eventuellt erbjuda lagringsmöjligheter och flexibel användning som är positiv för flera av utmaningarna. Många aktörer som arbetar med elektriska fordon och inom tillverknings- och processindustrin har idag inte kunskap om elmarknadens mekanismer och regler, vilket gör det svårt för dessa aktörer att bidra till hur elkraftsystemets omställning utformas.

Samspelet mellan el- och fjärrvärmesystem kan också ändras framöver. Värmenätet och värmelager kan utnyttjas som ett sätt att lagra och balansera mot elsystemet, och kraftvärmeproduktion kunde eventuellt få en större roll i systemreglering. Utmaningen skapar ytterligare behov av systemstudier, scenarier och simuleringar, samt kontrollerade test- och demonstrationsförsök för att kunna utvärdera systempåverkan.

Vägen framåt och behovet av forskning och innovation

För att möta de utmaningar som beskrivits ovan identifierar vi några centrala områden där lösningar finns. Inom alla dessa områden finns forsknings- och innovationsbehov, men andra typer av lösningar behövs också, så som att anpassa befintlig teknik. Nedan beskrivs dessa områden mer utförligt.

Scenerier och modellering för ökad kunskap och hantering av osäkerheter om utvecklingsvägar för elkraftssystemet

Det finns många olika utvecklingsvägar som kan leda till ett 100% förnybart elkraftssystem. Därutöver förväntas elkraftssystem sammankopplas med andra sektorer så som industrin och transportsektorn, vilket kan ske i olika grad och på olika sätt. Många analyser av scenarier för framtiden har redan presenterats av aktörer inom branschen exempelvis från Energimyndigheten^{10, 11}, Skellefteå kraft^{12,13}, Svenska Kraftnät¹⁴, Energiföretagen¹⁵ och NEPP¹⁶. Men behovet av att arbeta med scenarier och modeller på kort och lång sikt är fortsatt kritiskt för samtliga utmaningar ovan då det kan vara ett viktigt verktyg för att identifiera möjliga alternativ och utvecklingsvägar, samt öka förståelsen för exempelvis tidsordning, risker, kostnader och möjliga framtida roller och ansvar.

Scenerier och modeller för elkraftssystemet måste väga in många faktorer både inom elkraftssystemet och inom andra angränsande områden. Här listas några av de mest centrala faktorerna:

- Inom elkraftssystemet kommer takten för förändringen av produktionsmixen (framför allt tidpunkten för när kärnkraften fasas ut), ökad integration mellan produktion och användning (med fler prosumenter och ökad flexibilitet) samt vilken roll utlandsförbindelser tillåts ha, vara avgörande för hur det framtida systemet utformas vid olika tidpunkter.
- När elkraftssystemet blir mer och mer sammankopplat med andra sektorer samt andra energislag (t.ex. fjärrkyla och fjärrvärme) får även vägval inom dessa systempåverkan på elkraftssystemet. Ett exempel är i vilken omfattning industrin och transportsektorn kommer använda förnybar vätgas och förnybar elektricitet, vilket påverkar så väl behovet av energi, infrastrukturens utformning samt vilka roller olika aktörer kan ha i dessa sektorer.
- Ytterligare en faktor är teknikutveckling globalt, vilket kan påverka i vilken takt en omställning av elkraftssystemet kan ske samt behovet av forskning- och utveckling i Sverige.

Som ett första steg för arbete med scenarier och modellering finns ett behov av att kartlägga initiativ, projekt och annat arbete inom området omställning av elkraftssystemet/energisystem. En sådan kartläggning skulle ge en överblick över pågående aktiviteter och därmed kunna bidra till att olika aktörer enklare kan ta beslut om vad de ska fokusera på. Det skulle även kunna bidra till samordning och samverkan på nationell nivå, vilket saknas idag,

¹⁰ Energimyndigheten (2016) Fyra framtider – Energisystemet efter 2020, Explorativa scenarier, ET 2016: 04

¹¹ Energimyndigheten (2019) Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem, Delrapport 1: Framtidens elsystem och Sverige förutsättningar, ER 2018:16

¹² Boston Consulting Group och Skellefteå Kraft (2017) Värden av ett förnybart energisystem i Sverige

¹³ Skellefteå Kraft (2017) 100% förnybart

¹⁴ Svenska kraftnät (2017) Systemutvecklingsplan 2018–2027 – Mot ett flexibelt kraftsystem i en föränderlig omvärld

¹⁵ NEPP (2019) Färdplan fossilfri el – analysunderlag. En analys av scenarier med en kraftigt ökad elanvändning

¹⁶ Sweco Energuide AB (2018) Stora effektfrågan – Resultat från Apollokörningar

och i förlängningen bidra till utvecklingen av en nationell strategi för hur målet om 100% förnybart till 2040 ska uppnås.

Det fortsatta arbetet efter detta första steg inkluderar både arbete med befintliga metoder för modellering och scenarier samt behov av forskning- och utveckling för nya metoder som hanterar komplexiteten i omställningen av elkraftsystemet och kopplingar till omställning i andra sektorer. Arbetet med modeller och scenarier behöver innehålla många olika perspektiv; tekniska, ekonomiska, ekologiska samt sociala. Ett exempel på det sistnämnda är hur elkraftsystemets utveckling påverkar rättvisa mellan olika aktörsgrupper samt mellan olika geografiska områden.

Utveckla systemlösningar - teknik, marknad, styrmedel, roller och ansvarsområden

För att nå målet om 100% förnybart elkraftsystem till 2040 krävs att nuvarande system förändras och utvecklas med avseende på teknik, marknader och styrmedel. Förändringar inom dessa områden kommer också medföra att de roller och ansvar som olika aktörer har behöver anpassas och utvecklas. Scenarier och modeller som beskrivits ovan kan vara ett sätt att identifiera och besluta vad som ska utvecklas och hur det ska utformas.

Förnybar energiteknik har utvecklats mycket under det senaste årtiondet och vi kan förvänta oss en fortsatt snabb utveckling. Andra teknikområden utvecklas idag och tros kunna få stor betydelse för det framtida elkraftsystemet. Ett teknikområde där det finns ett fortsatt behov av forskning och innovation är lagring, exempelvis användning av batterilager, använda systemet för lagring, termiska lager och systemtjänster som kan fungera som lager på olika tidsskalor och bidra till balansering. Ytterligare områden är blockkedjor och (smarta) tekniker för optimering och styrning av både produktion och konsumtion¹⁷.

Parallellt med utvecklingen mot ett mer förnybart elkraftsystem kommer fler så kallade smarta lösningar som bygger på insamlande av data, datorisering, digitalisering och realtidsinformation. Detta medför många möjligheter men också risker, då systemet blir sårbart för om data hanteras felaktigt eller hamnar i fel händer. Därför finns det forsknings- och innovationsbehov både inom utveckling av smarta lösningar men också om hur vi bygger cybersäkra elkraftsystem.

Ytterligare ett område där det finns behov av forskning och innovation är att ta fram ramverk och incitament för hur marknader kan vara utformade i ett framtida elkraftsystem, som uppfyller målet om 100% förnybart. Utvecklingen av marknader kopplar samman teknik, ekonomi, roller och ansvarsområden, kundbeteenden så väl som regler och incitamentsstrukturer. Det finns några olika utvecklingsvägar. En av dessa är att utveckla flexibilitetsmarknader, som i stor utsträckning fokuserar på att få kunderna mer aktiva och att hitta smarta lösningar för att hantera flexibla konsumenter och system med en större andel lagringsmöjligheter. Forskning har gjorts på olika marknadsmodeller för mer flexibla marknader och redan idag pågår försök med lokala flexibilitetsmarknader inom exempelvis projektet CoordiNet, men mycket arbete återstår för att testa detta i verkliga miljöer.

För att nya tekniska lösningar och marknadsmodeller ska kunna integreras kommer det även krävas översyn och förändring av olika aktörers roller och ansvar. Ett exempel är vilken roll och vilket ansvar systemoperatören kommer att ha i takt med att de möter ökade utmaningar med balansering. Detta kopplar också till vilken roll så

¹⁷ För exempel inom området smarta nät se <http://swedishsmartgrid.se/smarta-nat-i-sverige/fler-projekt-i-branschen/>

kallade aggregatorer tillåts ta och vilka aktörer som kan ta denna roll. Svenska kraftnät har pekat på att en tydligare ansvarsfördelning behövs för att kunna hantera leveranssäkerheten.¹⁸

På den lokala nivån ökar komplexiteten i systemet både avseende det tekniska system och när det gäller aktörer, roller och ansvar. Med en ökad flexibilitet och lokal produktion följer också frågor om vilken roll och ansvar kunder, prosumenter och framtida lokala energisamhällen har. I takt med ökad digitalisering och smarta lösningar väcks dessutom frågor om vilka aktörer som får tillgång till vilken data och vem som har ansvar för datasäkerheten.

Att lära från andra länder

För att hantera utmaningarna som beskrivits ovan finns lösningar i form av att lära av utveckling som redan skett i andra länder. Redan idag medverkar svenska aktörer i internationella samarbeten inom flera området. Några exempel är IEA-samarbeten inom förnybar energiteknologi och smarta nät, Forum för smarta elnät, H2020-projekt, Viable Cities, Nepp och Eforis.

Jämfört med en del andra länder har Sverige ännu inte upplevt så stor press att ställa om elkraftsystemet, men står nu inför detta. Det handlar bland annat om att kunna hantera stora mängder variabel elproduktion, där exempelvis Danmark, Tyskland, Irland, Portugal med flera ligger långt före Sverige. Ett annat exempel är så kallad "performance-based" nätregleringen vilket har testats i Australien.

Lärdomar från andra länder kan alltså vara både i form av tekniköverföring samt kunskap om exempelvis regelverksutformning och beteenden. För att lära från andra länder och överföra kunskap och teknik kommer det att krävas anpassning efter svenska förhållanden. Test och demo med ny teknik eller regelutformning i svensk kontext är ett sätt att arbeta med detta.

Test och demo av systemlösningar

Mycket arbete återstår för att det ska gå att implementera de lösningar som det nu forskas på, i Sverige eller i andra länder. Ett första steg är att genomföra olika former av test och demo för nya systemlösningar i svensk kontext. Detta inkluderar nya tekniska lösningar, marknadsmodeller, styrmedel och beteenden. Inom styrmedel- och styrningsinnovation diskuteras hur nya lösningar kan testas i avgränsade miljöer, så kallade "regulatory sandboxes".

Det finns ett behov av att några aktörer går före och visar på vad som är möjligt och hur, framför allt när det kommer till radikala systemförändringar. Ett exempel på detta är så som LKAB, SSAB och Vattenfall jobbar i HYBRIT. Dessa aktörer driver tillsammans utvecklingen av en ny ståltillverkningsprocess (baserad på vätgasreduktion), storskalig vätgasproduktion och vätgaslager anpassade till svenska förhållanden. I den tänkta framtida ståltillverkningsprocessen finns flera steg med lager, vilket kan möjliggöra att stålproduktion kan fungera som ett lager till energisystemet och på så sätt bidra till ökad flexibilitet.

¹⁸ Svenska kraftnät (2017) Systemutvecklingsplan 2018 - 2027 - Mot ett flexibelt kraftsystem i en föränderlig omvärld

Utvärdering av påverkan på och från systemet

Allt eftersom ett nytt system formas finns det ett behov av att utvärdera detta system. Detta kan även medföra att det finns behov av att utveckla metoder för hur denna utvärdering ska ske. Det handlar dels om att utvärdera påverkan på själva systemet. Exempelvis hur nya former av reglering påverkar systemets tillförlitlighet, marknader, beteenden, roller och ansvarsfördelning. Detta inkluderar också att utvärdera påverkan på olika systemnivåer. Exempelvis hur olika former av lokala marknader påverkar det regionala och nationella systemet, speciellt om dessa fortsatt har ska ha ansvar för balansering, reserver och systemets leveransförmåga.

Det handlar också om att utvärdera påverkan från systemet på samhället i stort. Detta kan exempelvis handla om effekter på resurseffektivitet och cirkulära flöden samt sociala aspekter så som acceptans och rättvisa mellan olika kategorier av aktörer. Ett exempel på det senare är socioekonomiska fördelningseffekter av lokala energisamhällen; vilka gynnas av dessa samhällen och vilka missgynnas samt vad blir effekterna för det gemensamma elkraftsystemet. Inom detta område ryms också att se på hur utvecklingen av elkraftsystemet påverkas av andra områden som utvecklas parallellt. Ett viktigt område är digitalisering och utvecklingen av ett cybersäkerhet elkraftsystem.

Avslutande sammanfattning

Sverige har ett energipolitiskt mål att ha ett elkraftssystem med 100% förnybar produktion till 2040. Forskning och innovation har en viktig roll att spela för att nå detta mål. Mycket arbete sker redan idag, men en övergripande agenda som identifierar ytterligare behov och prioriterar områden, där forskning och innovation bör stärkas eller accelereras saknas. Därför har RISE, med hjälp av med representanter från elkraftbranschen, sammanställt denna forsknings- och innovationsagenda.

Under arbetet med rapporten har det blivit tydliggjort att elkraftssystemet kan nå målet på flera olika sätt. Produktionen vid kärnkraftverken fram till 2045 får stor påverkan på systemets utformning men även val av andra produktionslag, så väl som utformning av marknadsmekanismer, utformning av roller och ansvarsområden samt integrering mellan elkraftssystemet och andra system, exempelvis. transportsystemet.

I detta arbete har vi identifierat fem centrala utmaningar för att elkraftssystemet ska kunna ställa om och nå målet. Dessa utmaningar är:

- Systemets tillförlitlighet utmanas då effekt är svårare att säkra och det är stor osäkerhet kopplad till hastigheten på omställningen.
- Systemets stabilitet utmanas då mekanisk tröghet minskar, vilket kan leda till försämrad elkvalitet
- Systemets trovärdighet och acceptans utmanas av en flerspårig utveckling
- Digitalisering skapar nya utmaningar för systemets säkerhet och robusthet
- Systemets fristående utmanas av nya gränssytor och sammankoppling både inom systemet och mot andra system (transport, fjärrvärme, industri)

Vi har även identifierat några centrala områden där lösningar finns. Inom alla dessa områden finns forsknings- och innovationsbehov, men andra typer av lösningar behövs också. Dessa områden är:

- Scenerier och modellering för ökad kunskap och hantering av osäkerheter om utvecklingsvägar för elkraftssystemet
- Utveckla systemlösningar - teknik, marknad, styrmedel, roller och ansvarsområden
- Att lära från andra länder
- Test och demo av systemlösningar
- Utvärdering av påverkan på och från systemet

Tabell 1. Uppskattning av vilka lösningsområden som anses mest relevanta för de olika utmaningarna.

Förklaring: XX – Mycket stor relevans, X- Stor relevans, x- viss relevans.

| Utmaningar/Lösningar | Scenarier & modellering | Systemlösningar | Lära från andra länder | Test och demo | Utvärdering |
|---|-------------------------|-----------------|------------------------|---------------|-------------|
| Systemets tillförlitlighet | XX | XX | x | X | XX |
| Systemets stabilitet | x | XX | x | X | XX |
| Systemets trovärdighet och acceptans | X | XX | X | X | X |
| Digitalisering utmanar systemets säkerhet och robusthet | X | X | X | XX | x |
| Systemets integrering | XX | X | x | X | X |

Bilaga 1 – Rapporter

- Boston Consulting Group och Skellefteå Kraft (2017) Värden av ett förnybart energisystem i Sverige
- DELBA 2050 – den elbaserade ekonomin
- Energikommissionen (2017) Kraftsamling för framtidens energi, Betänkande från energikommissionen, ISBN 978-91-38-24552-1
- Energimyndigheten (2019) Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem Delrapport 1: Framtidens elsystem och Sverige förutsättningar, ER 2018:16
- Energimyndigheten (2015) Helhetssyn är nyckeln – Strategi för forskning och innovation på energiområdet 2017-2020, ET 2015: 15
- Energimyndigheten (2015) Energiforskningsläget 2015, ET 2015:16
- Forum för smarta elnät (2017) Strategi för en ökad flexibilitet i elsystemet genom smarta elnät,
- NEPP (2019) Energisystemet i en ny tid – resultat och slutsatser i halvtid (Sammanfattning av NEPP:s halvtidsrapport)
- NEPP (2018) 30 insikter och slutsatser om vårt gemensamma energisystem - i vår gemensamma framtid
- Svenska kraftnät (2017) Systemutvecklingsplan 2018 - 2027 - Mot ett flexibelt kraftsystem i en föränderlig omvärld
- Sweco Energuide AB (2018) Stora effektfrågan - Resultat från Apollokörningar
- Åhman, M. (2016). Elmarknadens omvandling: Reglering, vägval och drivkrafter för elsystemets utveckling till 2050. Lund: Lund University.

Bilaga 2 – Intervjupersoner

- Magnus Berg, Ansvarig för forskningsportföljen inom konsumentprodukter, Vattenfall
- Lars Bierlein, Affärsutvecklare Innovation på E.ON
- Susanne Karlsson, Enhetschef Hållbar el, Energimyndigheten
- Mats Nilsson, Energiforsk
- Lars Nordström, Professor i Information Systems for Power System Control, KTH
- Lennart Söder, Professor i Electric Power Systems, KTH
- Karin Widegren, fristående konsult, ledare för ISGAN

Bilaga 3 – Deltagare vid workshop

- Mikael Amelin, Associate Professor, Division of Electric Power and Energy Systems, KTH
- Magnus Berg, Ansvarig för forskningsportföljen inom konsumentprodukter, Vattenfall
- Magnus Brolin, Forskare, RISE
- Göran Ericsson, FoU-ansvarig, Svenska kraftnät
- Stefan Montin, Energiforsk
- Catarina Naucler, Forskningschef, Fortum
- Lars Nordström, Professor i Information Systems for Power System Control, KTH
- Markus Norström, Affärsområdeschef, RISE
- Pierre-Jean Rigole, Handläggare, Energimyndigheten
- Staffan Sandblom, Chef Vätgasutveckling, Fortum
- Ann-Christine Schmidt, FUI-koordinator, Skellefteå Kraft
- Lennart Söder, Professor i Electric Power Systems, KTH
- Wenche Tobiasson, Forskare, RISE

Energy Economics Lab is a center for research on energy markets and energy systems. We combine engineering and economics expertise in an interdisciplinary research environment to address market and business challenges related to the transition to a sustainable energy system. Energy Economics Lab is an initiative by RISE Research Institutes of Sweden.

