



UP-rapport Kraftsystemet

Rådgivande underlag från utvecklings-
plattformen Kraftsystemet till Energimyndig-
hetens FOKUS-process

ER 2015:25



Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas via
www.energimyndigheten.se
Orderfax: 08-505 933 99
e-post: energimyndigheten@cm.se

© Statens energimyndighet

ER 2015:25

ISSN 1403-1892

Förord

Föreliggande rapport utgör ett inspel till Energimyndighetens arbete med strategisk prioritering av forskning och innovation inom temaområdet Kraftsystemet avseende prioriterade insatser för perioden 2017-2020.

Regeringen gav under 2015 Energimyndigheten i uppdrag att senast 14 december 2015, redovisa underlag för strategisk prioritering av forskning och innovation på energiområdet för perioden 2017-2020. Detta arbete drivs inom myndigheten under projektnamnet Fokus IV.

Som hjälp för att identifiera samhällets behov av forsknings- och innovationsinsatser på energiområdet så har myndigheten skapat sex stycken utvecklingsplattformar för olika temaområden; Allmänna Energisystemstudier; Byggnader i energisystemet; Energiintensiv industri; Kraftsystemet; Transportsystemet samt Bränslebaserade energisystem.

I plattformarna samverkar experter från myndigheter, näringsliv, akademi och andra intressenter och deras uppdrag är att spela in ett rådgivande underlag till myndigheten om mål och prioriteringar för det enskilda området. Utifrån alla plattformars inspel gör sedan myndigheten sin egen strategiska prioritering av framtida forsknings och innovationsinsatser. Ledamöterna i plattformarna deltar i kraft av personlig expertis och inte som direkta representanter för respektive bransch eller företag.

Utvecklingsplattformarnas (UPs) roll som omvärldsbevakare och pådrivare för Energimyndighetens strategiska prioritering av forskning och innovation är av avgörande betydelse för myndighetens möjligheter att implementera en ändamålsenlig projektportfölj. Som Projektägare och Projektledare för Fokus IV-arbetet vill vi därför här framföra ett stort tack till ledamöterna i UP för väl utförda insatser!



Rémy Kolessar
Avdelningschef
Projektägare Fokus IV



Maria Alm
Projektledare



Linus Palmblad
Projektledare

Innehåll

1	Kraftsystemet	5
1.1	Om temaområdet.....	5
1.2	Sveriges kraftsystem och de förnybara elproduktionsteknikerna	5
2	Behovsanalys utifrån Kraftsystemet	9
2.1	Generell utveckling Sveriges kraftsystem till 2030	9
2.2	Trender i Sverige och världen	9
2.3	Utmaningar och behov Sveriges kraftsystem.....	11
3	Vision och målbild	17
3.1	Vision bortom 2050 för kraftsystemet	17
3.2	Effektmål för kraftsystemet till 2030	17
3.3	Effektmål näringsliv och forskarsamhälle	17
3.4	Effektmål kraftsystemet 2030	18
4	Prioriterade insatser till 2020	19
4.1	Prioriterade insatser elnät och flexibilitet.....	19
4.2	Prioriterade insatser vattenkraft	19
4.3	Prioriterade insatser vindkraft.....	20
4.4	Prioriterade insatser solkraft	20
4.5	Prioriterade insatser innovation	21
5	Internationellt: strategi och prioriterade insatser	23
5.1	Motiv för ökat samarbete inom Norden.....	23
5.2	Motiv för ökat samarbete inom EU.....	23
5.3	Motiv för ökat samarbete globalt och bilateralt	24
6	Övriga behov och avslutande kommentarer	25
	Bilaga 1 Deltagare i Utvecklingsplattform Kraftsystemet	27

1 Kraftsystemet

1.1 Om temaområdet

I temaområdet kraftsystemet ingår de förnybara kraftproduktionsteknikerna som omvandlar flödande energi, vattenkraft, vindkraft, solkraft och havsenergi, samt överföring och distribution av el, d.v.s. elnät. Vid sidan om dessa olika teknikområden präglas den pågående utvecklingen av kraftsystemet också tydligt av ett ökat behov av flexibilitet och lagring i systemets alla delar. Detta sker i huvudsak p.g.a. utvecklingen med en ökad andel variabel förnybar elproduktion och mindre styrbara produktionsresurser men även p.g.a. förändrade möjligheter till styrning av systemet i och med ny informations- och kommunikationsteknik (IKT). I denna rapport beskrivs behov, utmaningar, vision och effektmål för kraftområdet som en helhet medan avsnittet med prioriterade insatser är uppdelat i fem olika insatsområden: elnät och flexibilitet, vattenkraft, vindkraft, solkraft samt innovation. Utvecklingsinsatser inom kärnkraftområdet ligger inte i Energimyndighetens ansvarsområde och därför ingår inte mål och insatser för kärnkraft i detta dokument. Industriellt mottryck och kraftvärme ingår inte i temaområde Kraft utan innefattas istället i temaområde Industri respektive Bränsle.

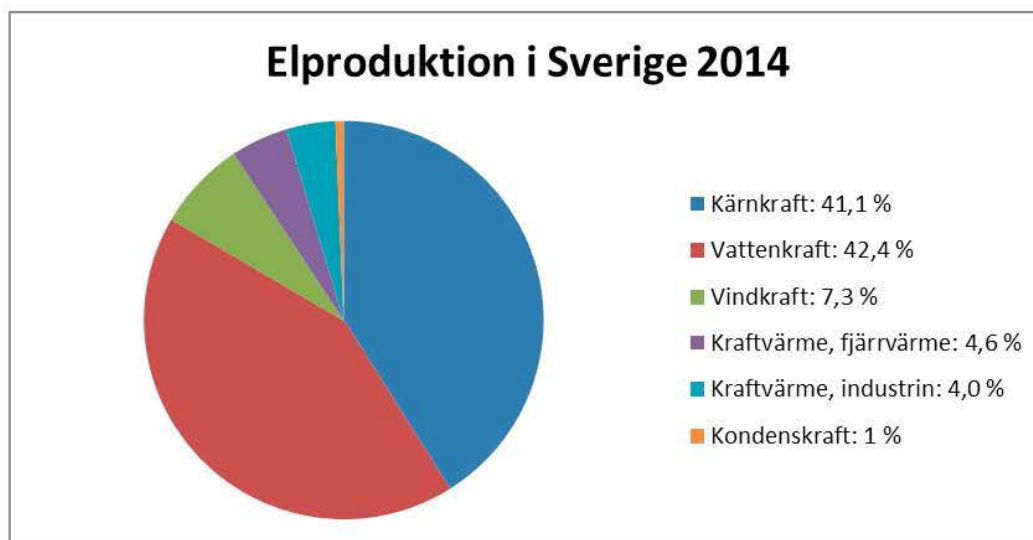
1.2 Sveriges kraftsystem och de förnybara elproduktionsteknikerna

El är ett av de dominerande energislagen i Sverige och 2013 var den totala slutliga elanvändningen 125 TWh¹. Bostads- och servicesektorn använde mest el, följt av industrisektorn. Utöver elanvändningen exporterade Sverige ca 10 TWh och omkring 15 TWh omsattes i förluster och egenanvändning (d.v.s. den el som används i kraftverken för att producera el) samma år.

Det svenska kraftsystemet har idag en stark kraftbalans och under de senaste åren har det inneburit en nettoexport av el från Sverige. Samtidigt som elproduktionen har ökat har elanvändningen stagnerat eller till och med minskat². Ökningen av produktion beror både på effekthöjningar i befintlig kärnkraft och en utbyggnad av vindkraft, småskalig vattenkraft och biokraftvärme.

¹ Energiläget i siffror 2015 (<http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/>)

² Statistikdatabasen, SCB. Månadsvis elstatistik.



Figur 1 Fördelningen av Sveriges elproduktion 2014. Källa: Statistikdatabasen, SCB. Månadsvis elstatistik.

Vattenkraften är den enskilt största förnybara elproduktionskällan men spelar också i ökande utsträckning en nyckelroll som reglerkraft i systemet och utgör därmed en god grund för realiseringen av de svenska energipolitiska målen. Miljöfrågor förväntas i framtiden ha stor påverkan för vattenkraften. Idag sker ingen nyutbyggnad av storskalig vattenkraft i Sverige. Däremot sker sedan en tid omfattande förnyelseinvesteringar för att bidra till elproduktionen i respektive anläggning ytterligare 30-50 år.

Vindkraft är en förnybar elproduktionsteknik som har haft en stark frammarsch världen över det senaste decenniet. I Sverige utgjorde vindkraften ca 7 % av total eltillförsel under 2014. Samtidigt som det senaste decenniet har präglats av stora nya investeringar syns en tydlig och viktig trend i att kapacitetfaktorn har ökat hos de vindkraftsverk som installeras. Man brukar skilja på landbaserad och havsbaserad vindkraft, där havsbaserad vindkraft hittills p.g.a. goda förutsättningar på land i Sverige endast byggts i marginell omfattning. Även om huvuddelen av den installerade effekten för närvarande är landbaserad, finns det potential för havsbaserad vindkraft, framförallt i södra Sverige där förutsättningarna för alternativet landbaserad vind är mindre gynnsamma än i norr.

Solkraft är tekniker för att omvandla solenergi till el. Detta innefattar två huvudsakliga teknikområden; solceller och termisk solkraft. Elproduktionen från sol ger ännu ett marginellt bidrag till den svenska kraftbalansen men intresset för solceller fortsätter växa snabbt. Under 2014 installerades 36 MW solceller i Sverige, jämfört med 19 MW under 2013. Den starka tillväxten beror främst på sjunkande systempriser samt fortsatt ökat intresse för solceller. Solceller har sedan länge använts i tillämpningar utanför elnätet, så som fyrar, sommarstugor och båtar. På senare år har solceller nått s.k. "grid parity" i allt fler länder och genom riktade styrmedel i ett flertal länder så har marknaden för framför allt solceller vuxit mycket snabbt. De största marknaderna under 2014 var Kina med 11 GW,

Japan med 10 GW och USA med 6.6 GW. Tyskland är det land som har flest solceller installerade, men även i installerad effekt är Asien på väg att gå om Europa. Solförhållandena i Sverige är på många håll lika goda som i norra Tyskland och med fortsatta kostnadssänkningar finns en god potential för solceller i Sverige, inte minst på befintliga takytor.

Ett väl fungerande elektriskt energisystem för överföring och distribution av el i samverkan med en väl fungerande elmarknad är en förutsättning för en trygg elförsörjning och för anslutning av nya elproduktionstekniker. Elnäten ska möjliggöra utvecklingen mot en allt större andel förnybar elproduktion. Det gäller framförallt storskalig vindkraft och småskalig vind- och solenergi. Elnäten ska även möjliggöra handel med elektrisk energi på elmarknaden såväl inom landet som med grannländerna.

Stora variationer i framförallt produktion men även användning av el ger ett behov av flexibilitet i elsystemet. Drivkrafter och kostnader i elsystemet bör samtidigt fördelas mellan de olika intressenterna på ett sätt som ger rätt incitament för en utveckling som stödjer visionen om ett hållbart energisystem. Förutom teknisk utveckling behövs därför anpassade regelverk och en väl fungerande elmarknad.

2 Behovsanalys utifrån Kraftsystemet

2.1 Generell utveckling Sveriges kraftsystem till 2030

Det svenska kraftsystemet bedöms stå inför en period med ett antal genomgående och större förändringar under tiden fram till 2030. Produktionsmixen fortsätter att förändras där vindkraftens betydelse fortsätter öka, solkraft förväntas få ett kraftigare genomslag, kärnkraftens andel förväntas minska och vattenkraftens betydelse som reglerkraft ökar. I användarledet sker de stora förändringarna genom allt mer småskalig produktion ute hos elanvändarna, genom ökad elektrifiering av stora delar av transportsektorn samtidigt som den generella snabba IKT-utvecklingen gör att allt fler användare, och apparater blir uppkopplade. Med det följer nya styr-möjligheter och samtidiga nya utmaningar kring säkerhet och kompetensförsörjning. I det större perspektivet fortsätter utvecklingen där det svenska kraftsystemet blir allt mer sammankopplat med omgivningen vilket medför att utvecklingen i våra grannländer får en relativt sett större betydelse för det svenska kraftsystemet än vad som varit fallet tidigare.

2.2 Trender i Sverige och världen

De aktuella trender som förväntas ha stor betydelse för utvecklingen av kraftområdet i Sverige delas nedan upp efter fem olika områden: *omställningen av energisystemet, teknikutveckling, klimat och miljö, internationalisering och marknadsfrågor.*

Omställning av energisystemet

- Kärnkraftens hantering politiskt är en avgörande faktor i hur det framtida kraftsystemet ställs om. Den nuvarande situationen med otydlig politisk styrning i fråga om utveckling, utveckling eller status quo har en dämpande effekt på utveckling och investeringar. I avsaknad av tydliga politiska vägval har samtidigt de senaste årens marknadsutveckling med generellt låga elpriser och alltmer konkurrenskraftiga förnybara elproduktionstekniker gjort att förväntningarna på kärnkraften som en framtida grundpelare i det svenska kraftsystemet tonats ned.
- Introduktion av mindre planerbar, s.k. variabel elproduktion (t.ex. vind) ställer krav på övriga delar av kraftsystemet. Ur ett utvecklingsperspektiv blir det avgörande hur mycket variabel elproduktion som systemet kan hantera och även hur vi utvecklar det för att det ska klara av önskad mängd.
- Dagens överskott på elproduktion i Sverige i kombination med marknadsmodellen gör investeringar svåra och det är svårt att förutse när, vem eller i vad som investeringar kommer att göras.

Teknikutveckling

- Elektrifiering av fordonsflottan har en potential att flytta fossilbränsleanvändning över till elanvändning. Om både privatbilsflottan och kommersiella fordon ställer om så kan detta komma att ha en påverkan på systemet framförallt genom lokala effektbehov vid laddning.
- Utvecklingen av batteriteknik, drivet av elfordonsutveckling kommer att göra batterier för hemmabruk överkomligt i pris. Detta kan ha starkt inflytande på distributionsnätsaffären och driva fram nya affärsmodeller, t.ex. kan batterier ge betydande minskning av effektuttaget.
- Solcellsanläggningar kommer (med eller utan subventioner) att börja installeras i större skala. Detta kan gå mycket fort. Erfarenheter från andra länder, till exempel Spanien och Italien pekar på utmaningar i form av att marknaden växt mer än man tänkt sig och t.ex. problem med elkvalité på nätsidan. Detta har lett till att stödsystem avvecklats tidigare än först tänkt och att man till och med infört retroaktiva skatter (ex. Spanien), som helt stoppat försäljning av solceller.
- Idag kan näten på de högre spänningsnivåerna anses vara relativt smarta³ och vi är på god väg att även göra distributionsnäten smarta. Det sista steget som kommer att tas, och som troligen är det största, är att göra lokalnäten smarta. Här är vi i Sverige på god väg genom den basplattform av smarta mätare som finns utrullad.

Klimat och miljö

- Sverige ligger redan idag i den absoluta toppen när det gäller ett koldioxidfritt elkraftsystem. Förnybar produktion som tillförs idag kommer på kort sikt antingen att öka på överskottet av el eller slå ut annan koldioxidfri produktion. Vid en ökad export skulle dock den förnybara produktionen kunna ersätta icke-förnybar el.
- På det lokala planet är trenden att även koldioxidfri produktion, typ småskalig vattenkraft, vägs mot annan miljöpåverkan. Detta drivs till viss del på av EU-direktiv men även lokalt motstånd från olika intressegrupper.
- Den del av den fossila energianvändningen i Sverige som ter sig enklast att påverka är transportsektorn. Elektrifiering är ett utmärkt sätt att reducera det nationella koldioxidutsläppet. Vi kommer att se en ökad användning av el i transportsektorn.
- Globalt sker i utvecklingsländer en kraftfull mobilisering av investeringar inom elkraftområdet när klimatfrågan alltmer sammanfaller med behovet att skapa tillgång till el för fler människor. Detta påverkar på sikt både teknik- och näringslivsutvecklingen även i Sverige.

³ Med ”smarta” avses här elnät i betydelsen smarta elnät med definitionen: *Ett elnät som kostnadseffektivt kan integrera beteenden och beslut hos alla användare som är anslutna till det – elproducenter, elkonsumenter och de som är både och – för att garantera ett hållbart kraftsystem med låga förluster och hög kvalitet, försörjningstrygghet och säkerhet.*

Internationalisering

- Ökad handel mellan länder - Sveriges vattenkraft är en attraktiv resurs som driver på utbyggnaden av export- och importlänkar till våra grannländer. Vi ser redan en prisutjämning och ett förändrat klimat för investeringar.
- Elmarknaden harmoniseras i EU - EU har som långsiktigt mål att harmonisera elmarknaden. Vi ser det tydligt i ambitioner att få en gemensam nordisk slutkundsmarknad som tvingar fram liknande tekniska och marknadsmässiga lösningar. På ett europiskt plan ser vi nya nätkoder (s.k. ”grid codes”) som kommer att påverka det fysiska systemet men även EUs energunion som är ett stort steg mot en harmoniserad energipolitik. EU-direktiv driver på utvecklingen på alla fronter inte minst implementeringen av EU 2020/2020. Vi ser även det samma på andra områden som t.ex. vattendirektiv eller transport.
- På global nivå pågår en snabb utveckling av energisystemet drivet av klimatfrågan, teknikutvecklingen och behovet att ge fler människor tillgång till el i snabbväxande ekonomier som t.ex. Kina, Indien och stora delar av Afrika.

Marknadsfrågor

- Vi har sett en avindustrialiseringstrend av Sveriges elintensiva industri t.ex. inom papperstillverkning och efterfrågan på el har sjunkit från stora förbrukare. Samtidigt har gruvnäringen haft en uppåtgående trend och nya förbrukare i form av serverhallar har tillkommit. Hur denna efterfrågan utvecklas är avgörande för vilka utvecklingsbehov som skapas.
- Förändrade förutsättningar för elmarknaden - elmarknaden kommer att behöva reformeras för att anpassas till en ny produktionsmix med stor andel mindre planerbar el med noll bränslekostnad. Kommer det att finnas en reglering som driver nätutveckling? Dagens låga elpriser har också påverkan på investeringsvilja och intresset för FoU-satsningar. Vad händer om dagens låga elpriser stannar under en längre tid?
- Vi ser en stark trend av ökad egenproduktion där nya kundrelationer håller på att utvecklas till enskilda kunder eller kundkollektiv.

2.3 Utmaningar och behov Sveriges kraftsystem

2.3.1 Utmaningar

Effektbehov och balansreglering- givet en utveckling med en kraftigt ökad andel vind- och solkraft förväntas de största utmaningarna ligga i den framtida regleringen av det svenska kraftsystemet⁴. Elnätets utveckling behöver därigenom anpassas för att möta ett förändrat effektbehov med större andel variabel elproduktion där den momentana effekten i systemet i vissa driftsituationer kan bli

⁴ Se t.ex. North European Power Perspectives November 2014 där den framtida regleringen av det svenska kraftsystemet beskrivs utifrån åtta stycken utmaningar.

både mycket högre än den normala efterfrågan som den kan bli mindre än den normala efterfrågan. I och med en alltmer distribuerad elproduktion i kombination med att den flexibla stora reglerresursen som finns i vattenkraften i huvudsak är koncentrerad i norra Sverige så ställs samtidigt nya krav både på den geografiska och tidsmässiga effektregleringen. Om delar av dagens kärnkraftskapacitet i södra Sverige reduceras blir detta speciellt viktigt. Över lite längre tidskalor medför också en större andel variabel elproduktion att det kan uppkomma längre perioder med lägre elproduktion som kräver en energibuffert i kraftsystemet som i sin tur kan ”laddas” upp under perioder med överskott.

Robusthet, elkvalitet och störningskänslighet (inklusive trygg energiförsörjning)- i linje med ovan beskrivna förväntade förändringar så påverkas även spänningsstabilitet, elkvalitet m.m. så att nätet tillsammans med de tillkommande anläggningarna måste anpassas för att ett robust och tillförlitligt kraftsystem ska kunna upprätthållas under helt förändrade driftsförutsättningar. Dagens generatorer är t.ex. inställda för att stötta spänningen vid fel och överföringsförmågan av el från norra Sverige behöver anpassas när stora vindkraftsresurser byggs ut vid sidan om vattenkraften i norra Sverige. Vid sidan om utmaningarna med de rent elkrafttekniska aspekterna innebär samtidigt utvecklingen mot allt smartare elnät med en alltmer avancerad IT-infrastruktur att nya hot och risker uppstår men också nya möjligheter till förändrad och mer robust styrning⁵.

Ekonomiskt hållbar förnybar elproduktion – För att den förnybara elproduktionen i det svenska kraftsystemet ska kunna vara konkurrenskraftig i framtida scenarion med mindre kärnkraft än idag finns ett stort utvecklingsbehov inom samtliga förnybara elproduktionsalternativ. Vattenkraftens roll som en effektiv energiresurs behöver bibehållas och vidareutvecklas så att befintliga älvsystem, dammar och kraftstationer utnyttjas effektivt. Vattenkraften står också inför stora reinvesteringsbehov varför det blir särskilt viktigt att dessa genomförs med goda kunskaper om de långsiktiga samhällsbehoven för att vattenkraftens långsiktiga konkurrenskraft ska försäkras. Inom vindkraftsområdet behövs ökad kunskap och kompetens kring förutsättningar i skog, kallt klimat och innanhav. Det senare området, vindkraft i innanhav blir speciellt viktigt i ett scenario med ökad utbyggnad av vindkraft i södra Sverige. Inom solkraftsområdet behövs vidareutvecklad kunskap hos stadsplanerare och aktörer inom byggbranschen om hur solceller integreras i byggnader samt hos elnätsföretag om hur småskalig distribuerad produktion påverkar lokalnäten.

Ekologiskt och socialt hållbar elproduktion– I takt med att vattenkraftens driftsätt förändras kraftigt och vindkraften byggs ut aktualiseras behovet att se på miljö- och klimatfrågor med ett mer samlat begrepp och som en helhet. Hur en socialt hållbar elproduktion ser ut är inte särskilt väl beforskat, men bl.a. det ökande intresset för egenproduktion gör att vi kan anta att det är fler frågor än de

⁵ För mer detaljerad analys av behov se t.ex. slutbetänkandet från Samordningsrådet för smarta elnät, SOU 2014:84, (kap. 5.5.2, s. 281) ,

traditionella om bl.a. leveranssäkerhet, NIMBY⁶ och individers integritet i det smarta nätet som kommer att uppmärksammas i framtiden.

3.3.2 Behov

Planeringsfrågor och prognosverktyg – i takt med de nya utmaningarna och samtidigt stora reinvesteringar i systemet är planeringsfrågorna avgörande för att nätet ska kunna förstärkas och utvecklas på ett optimalt sätt. T.ex. kan insatser för dynamisk belastbarhet i kombination med last/produktionsstyrning vara lika bra eller bättre än ny primär infrastruktur i många sammanhang. Denna typ av lösningar med ökad dynamik i systemet kräver samtidigt förbättrade välutvecklade IKT-system och prognosverktyg som integreras både i elnätet och hos de olika aktörerna på elmarknaden. Med en förväntad kraftig uppgång i investeringar i bl.a. stamnätet blir ovanstående avvägningar speciellt viktiga med potentiellt stor betydelse för den samhällsekonomiska effektiviteten i de investeringar som genomförs. De långsiktiga prognoserna och scenariona för vindkraftsutvecklingen i landet är ett exempel av särskild betydelse. På solsidan är planeringsfrågorna också viktiga, inte minst för att undvika att en situation liknande utvecklingen i Spanien och Italien uppstår i Sverige. Vi bör därför ha beredskap för ett väsentligt större genomslag för solcellstekniken än vad som kanske anges som rimligt i de flesta prognoser som görs.

Det krävs också ett bra samspel mellan elsystemets olika aktörer för att möjliggöra att planering/utveckling inom stamnät, regionnät, distributionsnät genomförs på ett sätt som inte medför att begränsningen bara flyttas till en annan del av näten. Genom en mer decentraliserad produktion så får DSO:erna (Distribution System Operator) en annan roll i relation till balanshållningen. Ur planeringsperspektivet är den geografiska fördelningen av förnybar elproduktion ett exempel av stor betydelse, t.ex. i ett scenario där kärnkraftsproduktionen i södra Sverige minskas.

Ökad flexibilitet – för att möta de utmaningar som följer med utvecklingen av kraftsystemet behöver alla delar anpassas och i den processen är ökad flexibilitet ett nyckelord för ett framtida robust och effektivt system. Med ökad flexibilitet i systemet kan styrbarheten som tidigare nästan helt var kopplad till elproduktionen istället fördelas jämnare mellan produktion, elnät och konsumtion. Detta kräver samtidigt ett helt nytt samspel inom kraftsystemet med en produktion, användning och nät drift som anpassas till utvecklingen och med en elmarknad och regelverk som möjliggör det samspelet. Förutom ett flexiblare användarled i kraftsystemet är en nyckelfunktion lagring där batterilager kommer kunna fylla vissa behov. Det behövs en helhetssyn och systemet behöver vara öppet för lösningar såsom flexibilitet av elvärme (en stor del av lasten i Sverige) och kylning samt samspel med andra energibärare (t.ex. fjärrvärme). På tillförselsidan ställs särskilt stora krav på att vattenkraften i ännu större utsträckning utvecklas som reglerresurs än tidigare samtidigt som integreringen av både solkraft och vindkraft behöver anpassas med möjlighet till styrning för att bidra till ökade systemnyttor. Nya biobränslebase-

⁶ Akronym för ”not in my backyard” d.v.s. i meningen ”inte i min närhet”

rade elproduktionsresurser för en ökad reglerförmåga i produktionsledet kan också komma att bli aktuellt.

Innovation - för en långsiktig hållbarhet och riskspridning i utvecklingen av det svenska kraftsystemet och för utvecklingen av näringslivet inom kraftområdet behövs både utrymme för nytänkande och för långsiktiga satsningar. Vid sidan av de satsningar som är innovativa med hög risk men mer marknadsnära behövs också en FoI-portfölj med långsiktiga satsningar på mindre mogen teknik och som innehåller stora innovationsfrämjande utmaningar. Havsenergiområdet samt delar av insatser inom solkraft och vindkraft kan ses som sådana exempel på mer långsiktiga innovationsområden och där FoI-insatserna kan behöva skräddarsys efter dessa speciella förutsättningar. En specifik utmaning är också att stödja utvecklingen av nya produkter, tjänster och affärsmodeller hos små och medelstora företag, inte minst i fall där primära viktiga utvecklingsmarknader ligger långt bort från Sverige men den kunskap och kompetens som utvecklas på sikt förväntas ha betydelse för utvecklingen i Sverige. Tekniska problem i samband med stora teknikomställningar utgör en grogrund för nya innovationer och skapandet av nya företag. Historien visar att sådana nya teknikbaserade företag i själva verket är fundamentala för genomförandet av teknisk omställning – kanske till och med en förutsättning. Jämför t.ex. Microsoft, Apple och Googles betydelse för internet. För att dessa nya lösningar ska nå marknaden krävs statligt stöd inledningsvis för att kunna verifiera tekniken och bekräfta marknadsmöjligheten, och som är en förutsättning för att riskkapital ska kunna attraheras. Man kan förutse framväxande nya företag inom hela värdekedjan av kraftsystemet. I vissa fall kan lösningar realiseras utan direkt medverkan av andra aktörer i värdekedjan, medan i andra fall så krävs en stor medverkan från andra aktörer för att lösningarna ska kunna implementeras. Det gäller speciellt i fall där kapitalbehovet är stort och där verifieringsperioden är lång.

Kompetensförsörjning- inom flera delar av elkraftsområdet finns ett generellt behov av insatser för att upprätthålla och stärka elkraftskompetensen för att möta en period av snabb förändring. Många av dagens vattenkraftverk står t.ex. inför ett stort reinvesteringsbehov (många har mer än 50 år på nacken) och det finns ett stort kompetensbehov då i stort sett alla med erfarenhet av att anlägga vattenkraftstationer i Sverige sedan länge har gått i pension. Den snabba IKT-utvecklingen och automatiseringen bidrar också till nya kompetensbehov t.ex. i gränslandet mellan IT- och elkraftsteknik. De senaste årens kraftiga ökning av vidkraftsanläggningar skapar ett växande behov inom drift och underhåll och mognadsgraden för solcellssystem som integreras i bebyggelsen riskera att bromsas av bristande kunskap och kompetens hos relevanta aktörer inom byggsektorn och i stadsplanering. Implementering av ny teknik beror mycket på regleringen som inte tillåter detta, FoU som är friare än regleringens ramar och som bidrar till att reglering utvecklas. Kompetens kring säkerhetsfrågor är också ett viktigt område.

Internationalisering- internationaliseringen, på Europeisk nivå med visionen om en tydligare länkad gemensam energipolitik innebär att det Europeiska forsknings-samarbetet behöver stärkas för att underlätta för svenskt näringsliv och svenska

elkonsumenter att skapas mervärde från de möjligheter det innebär. Den snabba utvecklingen globalt ställer på samma sätt krav på att FoI-satsningar anpassas inte bara för de nationella utmaningarna, utan även för hur vi kan dra nytta av snabb utveckling utomlands för svensk näringslivsutveckling. I de områden där utvecklingen i det svenska kraftsystemet är ledande, t.ex. penetrationen av smarta mätare i kombinationen med en avreglerad elmarknad, finns en möjlighet att locka internationella aktörer att satsa i Sverige för att stärka utvecklingen.

Fortsatt starka samarbeten på EU-nivå och visionen om en gemensam energiunion innebär fortsatt stora behov och möjligheter för Sverige att ha en aktiv roll inom internationell samverkan.

3 Vision och målbild

3.1 Vision bortom 2050 för kraftsystemet

Sverige är internationellt erkänt som en flexibel resurs i det Europeiska kraftsystemet, med ett 100 procent hållbart kraftsystem, ett effektivt resursutnyttjande och med en nettoexport av olika kraftsystemtjänster som t.ex. reglerkraft.

Svenska elanvändare, prosumenter och producenter är flexibla och utnyttjar kontinuerligt sina komparativa fördelar på den europeiska elmarknaden så att de erhåller internationellt konkurrenskraftiga elpriser vid inköp och försäljning.

Sverige är i flera centrala områden inom elkraftsektorn världsledande i forskning, Utveckling, innovation och produktion av varor och tjänster.

3.2 Effektmål för kraftsystemet till 2030

För att möta förväntningarna på det elektriska energisystemet behövs en kombination av ny teknik, nya metoder för byggande, underhåll och drift av elnäten, utveckling på elmarknaden, anpassning av regelverk, samt underlag för de vägval för systemets utveckling som behöver göras. En särskild utmaning är att få tillgång till ytterligare flexibilitet för att svara upp mot den ökande andelen distribuerad och förnybar elproduktion på ett sätt som skapar mervärden för elanvändare. När lösningar utformas är det av stor vikt att tillämpa ett systemperspektiv på hela energisystemet. Till år 2030 ska ett antal effekter i samhället uppnås.

3.3 Effektmål näringsliv och forskarsamhälle

- Sverige har en framträdande roll i forskning-, utveckling och demonstration av nya produkter, tjänster, metoder och system för framtidens kraftsystem och elmarknad som även har ett användarfokus. Sverige är världsledande inom området smarta elnät både som global leverantör av produkter och tjänster och som forskningsnation.
- Sverige är internationellt ledande som kunskaps- och innovationscenter inom området förnybar elproduktion och användning med spetskompetens inom säker, miljöaccepterad och effektiv vattenkraft, solkraft samt vindkraft i kallt klimat. Detta skapar nya innovationer, sysselsättning, och samarbeten världen över.
- Goda kunskaper och kompetens om kraftsystemet hos beställare och beslutsfattare inom elkraftsområdet har gjort Sverige till ett föregångsland i att kostnadseffektivt utveckla kraftsystemet under en tid av stora förändringar och där användarna står i fokus.
- Det finns god kompetens bland professionella aktörer verksamma inom stadsplanering och byggbranschen om hur solceller integreras i planering och byggnader.

3.4 Effektmål kraftsystemet 2030

- Utveckling och utnyttjande av befintliga och nya elproduktionsresurser sker med hänsyn till miljöfrågor och det finns en mycket god kunskap och kompetens kring elproduktionens randvillkor utifrån dess miljöpåverkan, och utifrån användarnas behov och önskemål.
- Sveriges kraftsystem är driftsäkert med hög elkvalitet⁷ och elnätet utgör inte en begränsande faktor för hur mycket förnybar energi som kan anslutas till det.
- Anpassade regelverk och marknadsdesign möjliggör att alla användare i kraftsystemet har likvärdiga möjligheter att delta aktivt på elmarknaden och tekniskt som aktiva komponenter i systemet oavsett om de är småskaliga eller storskaliga, och oavsett om de är konsumenter, producenter eller prosumenter.
- Produktion och användning av el samt effektflöden i nätet i Sverige kan förutsägas med hög precision både i tid och rum. Alla elproduktionsresurser och elanvändningen bidrar med olika kraftsystemtjänster som t.ex. reglerkraft.
- Vattenkraften utgör den enskilt största elproduktionsresursen motsvarande 69 TWh/år och har en nyckelroll som reglerresurs i kraftsystemet.
- Vindkraften är en kostnadseffektiv elproduktionsteknik som ger ett betydande bidrag till den svenska elförsörjningen. Målet är att vindkraften till 2030 är utbyggd med 30 TWh/år på land och 10 TWh/år till havs.
- Elkraftsproduktionen från solkraft har ökat kraftigt och utgör i ett eller flera distributionsnät en genomsnittlig årskapacitet på mellan 1000-2000kWh per person. Solel och solceller integreras som en naturlig del i stadsplanering och byggnader

⁷ Elkvalitet avser här motsvarande de krav som Energimarknadsinspektionen föreskriver för el av god kvalitet. Se Energimarknadsinspektionens föreskrifter EIFS 13:1 (http://ei.se/Documents/Publikationer/foreskrifter/EI/EIFS_2013_1.pdf)

4 Prioriterade insatser till 2020

4.1 Prioriterade insatser elnät och flexibilitet

Generellt behövs satsningar på ökad kunskap och kompetens samt nya innovationer som underlättar samspelet i framtidens elsystem och därigenom möjliggör en bibehållen driftsäkerhet, trygg energiförsörjning och elkvalitet även vid en kraftigt ökad andel distribuerad förnybar elproduktion. Satsningarna bör inriktas på systemnyttor från flexibel och anpassad elanvändning och utveckling av helhetslösningar inklusive kraftsystemets samverkan med andra energibärare. Forskning som tar sin utgångspunkt hos användarna istället för som traditionellt produktions- och distributionsledet. Följande insatsområden har identifierats som specifikt prioriterade för att nå effektmål 2030 och stödja visionen 2050:

- Satsningar på ökad kunskap för bättre beslutsunderlag vid kommande stora investeringar i transmissions- och distributionsnät samt för att underlätta att stora teknikuppgraderingar kan genomföras kostnadseffektivt och med en liten påverkan på kraftsystemets löpande drift.
- Demonstration av systemlösningar som kan fungera som föregångsexempel för ett hållbart elsystem och demonstrationer som utgår från olika användarbehov och önskemål.
- Långsiktiga satsningar på starka akademiska miljöer med väletablerat industriellt och globalt samarbete för att skapa världsledande forskning och utbildning, samt tillgodose behov av kompetensförsörjning inom elnät och elmarknader i Sverige.

4.2 Prioriterade insatser vattenkraft

De prioriterade insatserna inom vattenkraft kan delas in efter tre olika framtida integrerade utmaningsområden: vattenkraften som effektiv energiresurs, vattenkraften som en reglerande resurs och vattenkraftens miljöpåverkan. Insatserna ska riktas för att möta de specifika behoven inom dessa utmaningsområden samt generellt för att stärka och bevara kompetensen inom hela vattenkraftsområdet. Följande specifika insatser bör genomföras för att uppnå effektmål och vision:

- Vidareutveckla den forskningsresurs inom dammar och vattenkraftsteknik med god internationellt renommé som utvecklar tekniska lösningar för ökad effektivitet, säkerhet eller miljömässighet vid reinvesteringar, och som säkrar kompetens och utgör en viktig rekryteringsresurs för industrin.
- Vidareutveckla tekniska lösningar och metoder som möjliggör att vattenkraftens potential som reglerkraft och energiresurs utnyttjas optimalt med hänsyn till hållbar miljöpåverkan.

- Ta fram samhällsekonomiska modeller som är användbara vid omprövningar av vattendomar och till hjälp när olika miljöförbättrande åtgärder ska genomföras samt vid implementeringen av EU:s vattendirektiv. De ska beakta avvägningen mellan lokala och nationella intressen.

4.3 Prioriterade insatser vindkraft

Generellt behövs insatser för att utveckla komponenter, metoder och hela system inom de svenska styrkeområdena kallt klimat och skog samt potentiella styrkeområden som innanhav. Insatserna ska även främja samverkan mellan akademi och näringsliv och bidra till att etablera ny och stärka befintlig vindkraftsindustri i Sverige. Följande specifika insatser bör genomföras för att uppnå effektmål och vision:

- Insatser för att skapa förutsättningar för etablering av vindkraft i svåra miljöer i kallt klimat, i skog och till havs.
- Utveckla metoder som minskar miljöpåverkan från vindkraft (gällande människa, djur och natur), samt bygg upp kunskap och ta fram underlag för riktlinjer som minskar konflikter med andra verksamheter och intressen.
- Forskning, utveckling och demonstration av komponenter, metoder och hela system med lägre kostnad och ökad tillgänglighet för både enskilda aggregat och vindkraftparker.

4.4 Prioriterade insatser solkraft

Generellt behövs forskning-, utveckling- och demonstrationsinsatser som resulterar i nya innovationer med bättre systemprestanda och ett ökat utnyttjande av teknikens mervärden med syfte att främja en kraftig ökning av solcellstillämpningar i det svenska kraftsystemet. Följande specifika insatser bör genomföras för att uppnå effektmål och vision:

- Forskning och utveckling för ökad kunskap och kompetens om integration av solceller i bebyggelsen inkluderande lokala s.k. mikronätlösningar, och även forskning utifrån fastighetsägares och boendes behov och önskemål.
- Satsningar för ökad kunskap och innovation kring integration av solcellsel i elsystemet, inkluderande reglerteknik, ellagring, kraftelektronik samt s.k. ”prosumers”⁸ och deras integrering i elnätet.
- Forskning och utveckling för effektivare solcellskomponenter, samt teknikutveckling som leder till ökad resurseffektivitet och därigenom minskad miljöbelastning av solkraftteknik (t.ex. återvinning och ersättning av skadliga ämnen).

⁸ En prosumert är både elproducent och elkonsument integrerat.

4.5 Prioriterade insatser innovation

Förutom de mer områdesspecifika satsningarna ovan behövs inom hela kraftområdet ett utrymme för olika satsningar med högre innovationshöjd och som ger utrymme för nytänk. Dessa satsningar bör inte i första hand fokusera på områden med en mer förutsägbar påverkan på det svenska kraftsystemets utveckling utan snarare riktas mot frågeställningar med potential att vara mycket viktiga för utvecklingen både globalt och i Sverige på sikt.

- Riktade satsningar på starka innovationsmiljöer inom t.ex. havsenergi, och högeffektiv solkraftsteknik.
- Riktade satsningar och samarbeten för tillämpning av svensk teknik och kunskap i utvecklingsländer.

5 Internationellt: strategi och prioriterade insatser

Med vägledning från de effektmål som satts upp för 2030 så bör den internationella strategin ses som ett viktigt verktyg och en integrerad del i de insatser som prioriteras. Den internationella spelplanen är mångfasetterad och komplex och det finns inte utrymme att här beskriva varje prioriterad insats för sig, utan istället beskrivs nedan en struktur med riktlinjer och motiv för olika typer av internationell samverkan. Ambitionen är att avsnittet ska ge mer generella rekommendationer.

I linje med den ökade internationaliseringen både i vårt närområde, på Europeisk nivå och globalt så behöver det internationella arbetet stärkas inom hela kraftområdet och ambitionsnivån för varje delområde behöver anpassas utifrån dess specifika förutsättningar.

De olika typer av samarbeten som finns kan dels delas in efter bilaterala och multilaterala (nordiska, europeiska och globala samarbeten) och dels utifrån om de är rena FoI-samarbeten eller om de mer har karaktären av främjande-samarbeten inom FoI-området. Exempel på rena FoI-samarbeten är Europeiska s.k. ERA-Net-Cofound inom Horisont 2020 där Sverige tillsammans med ett eller fler länder sätter ihop gemensamma FoI-program. Exempel på mer främjande-samarbeten inom FoI-området är tekniksamarbeten inom IEA och de olika initiativen inom energiministerforumet Clean Energy Ministerial (CEM).

5.1 Motiv för ökat samarbete inom Norden

Verka för att främja det nordiska samarbetet till gagn för både Sverige och övriga Norden. Genom starka nordiska nätverk med gemensamma mål och visioner stärks möjligheten att påverka utvecklingen både på Europeisk nivå och globalt. Förutom det strategiskt viktiga möjliggörs en bättre effektivitet i FoI-insatser genom synergier samtidigt som ett ömsesidigt beroende mellan grannländer kräver en så harmoniserad utveckling som möjligt. Detta är något som är speciellt viktigt för kraftsystemet eftersom de nordiska kraftsystemen är tätt integrerade både tekniskt och ekonomiskt med t.ex. gemensamma slutkundsmarknader.

5.2 Motiv för ökat samarbete inom EU

Delta och bidra till det inom EU gemensamma SET-planarbetet som en naturlig del inom ramen för den gemensamma Europeiska forskningspolitiken. Vara med och påverka den Europeiska agendan till fördel för svenska intressen. Bidra till att svensk FoI tar del av en ökad andel av de gemensamma Europeiska forskningsmedlen.

5.3 Motiv för ökat samarbete globalt och bilateralt

Sprida internationellt kunskap och kompetens i Sverige för att främja det svenska arbetet inom området. Bidra med svensk kunskap och kompetens internationellt för att främja den globala utvecklingen och för att vara med och påverka agendan globalt. Genom att främja svenska intressen främjas på sikt även omställningen av det svenska energisystemet och näringslivet i Sverige. Tillgängliggöra nätverk för bredare samarbeten akademisk och industriellt. För näringslivet är detta inte minst viktigt för små- och medelstora företag som ofta har en begränsad förmåga att arbeta mot avlägsna marknader. Tillgängliggöra relevanta utvecklingsområden globalt som ligger i framkant och där behoven och utvecklingen i det svenska energisystemet inte är lika påtagliga men där svensk kunskap och kompetens har goda förutsättningar att bidra till utvecklingen. Svenskt kunnande och kompetens kan på så vis nyttiggöras i större utsträckning vilket på sikt även bidrar till de nationella effektmålen samtidigt som det bidrar till att göra nationella satsningar mindre känsliga om/när den nationella utvecklingen går långsammare än området globalt. Förutom de nyttor som tagits upp tidigare ovan så möjliggör bilaterala samarbeten mer fokuserade insatser där det finns specifika svenska intressen och framförallt där Sverige och dess samarbetspartner har gemensamma intressen och kompletterande styrkor. Bilaterala samarbeten kan med fördel kombineras med multilateralt engagemang inom samma område för att både skapa synergier och för att ge Sverige en mer strategisk roll inom området.

6 Övriga behov och avslutande kommentarer

Bidrag till forskning, utveckling och demonstration är ett viktigt verktyg för att uppnå vision och effektmål, men det är inte tillräckligt för att åstadkomma alla nödvändiga förändringar. Det krävs en serie olika samverkande insatser från olika aktörer i samhället. Bland annat krävs det att staten och Energimyndigheten agerar inom följande områden för att skapa nödvändiga förutsättningar.

Styrmedel, regelverk och standardisering

Att utforma effektiva styrmedel är ett viktigt verktyg för att styra utvecklingen i önskad riktning. Förutom styrmedel så handlar det även om att regelverk och tillståndprocesser inte hindrar eller försenar den nödvändiga utbyggnaden, av t.ex. ny elproduktionsteknik och elnät. Teknikneutrala eller riktade styrmedel är avgörande för hur systemet kommer att se ut, t.ex. i balansen mellan storskalighet och småskalighet och i hur förutsättningarna för egenproduktion att utvecklas. Det är viktigt för Sverige att agera inom EU-samarbetet för att säkerställa att utvecklingen av regelverk gynnar svenskt näringsliv och att utvecklingen går mot harmonisering med resten av Europa och världen. Ett aktivt deltagande i olika standardiseringsprocesser är även av stor vikt för svensk industris konkurrenskraft och insatser för att bygga upp kunskap och underlag som kan användas i dessa processer är därför prioriterat.

Långsiktighet

Det är en lång process att ställa om energisystemet och därför krävs det långsiktiga strategier i energipolitiken. Konsekvens och enighet på det politiska planet är därför av stor vikt. Energimyndigheten har även en viktig uppgift i att tydliggöra den långsiktiga visionen och promovera de goda alternativ som vi vill se i vårt framtida energisystem. Det gäller också för Energimyndigheten att ha långsiktighet och en helhetssyn kring utvecklingsinsatserna så att stöd ges hela vägen och forskningens resultat kommer till nytta.

Kompetensuppbyggnad

En mycket viktig uppgift för staten och Energimyndigheten är att bidra till att bygga upp kompetens kring energisystemet, speciellt i koppling till de viktiga områden som utpekats. Det är även önskvärt att öka andelen senior forskning på universitet och högskolor för att ge mer kontinuitet till forskningen.

Det krävs arbetskraft för att genomföra omställningen av energisystemet och för att säkerställa dess kontinuerliga drift. Redan idag är behovet av arbetskraft inom kraftsystemet påtagligt och det väntas bli än större i framtiden. Det krävs därför insatser för att utbilda kompetent arbetskraft. Det är också viktigt att utbildningen

håller rätt kvalitet, vilket t.ex. visat sig som ett problem för utbildningen av vindkraftstekniker. Kunskap behöver utvecklas om teknikers påverkan på miljö och samhälle så att konflikter kan undvikas och minimeras. För att genomföra den kraftiga ökning av antalet installationer av t.ex. vindkrafts och solcellsanläggningar som väntas så krävs insatser för att utbilda och certifiera installatörer.

Kommunikationsinsatser

För att åstadkomma förändring i samhället så krävs olika samverkans och informationsinsatser, så att resultat från EFOI-insatser kommer till nytta hos samhällets aktörer och så att användningen av effektiv energiteknik främjas. För att få svenska innovationer att stanna i Sverige så är det även av stor vikt att informera svenska investerare om tillgängliga och kommersialiseringsmöjligheter inom energiområdet i Sverige.

Samordningsrådet för smarta elnät

I maj 2012 beslutade regeringen att tillsätta ett samordningsråd med kunskapsplattform för smarta elnät (dir 2012:48). I samordningsrådets uppdrag ingick att stimulera dialog och samverkan, utveckla en nationell handlingsplan för utvecklingen av smarta elnät 2015-2030. I slutredovisningen ingick bl.a. en tematisk forskningsplan för smarta elnät med tydliga kopplingar till flera av de insatser som diskuteras i denna rapport. Den tematiska forskningsplanen liksom övriga delar i slutbetänkandet med koppling mot energiforskningen på elkraftområdet bör varsamt beaktas så att insatser som prioriteras enligt denna rapport bidrar till att handlingsplanen kan fullföljas.

Bilaga 1 Deltagare i Utvecklingsplattform Kraftsystemet

Deltagare i utvecklingsplattformen

Externa deltagare

Jenny Palm, ordförande	Linköpings Universitet
Bo Normark, vice ordförande	Power circle
Magnus Callavik	ABB
Marika Edoff	Uppsala Universitet
Ingvar Eriksson	KIC InnoEnergy
Oskar Danielsson Fångström	Pöyry
Erik Höglund	Luleå Tekniska Högskola
Johan Kling	Hav- och vattenmyndigheten
Ulf Moberg	Svenska Kraftnät
Matthias Rapp	Straits International Ltd
Johan Söderbom	Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Energimyndigheten

Fredrik Lundström, temaansvarig	Avdelningen för forskning och innovation
Gunilla Andreè, bitr. temaansvarig (t.o.m. mars 2015)	Avdelningen för forskning och innovation
Pierre-Jean Rigole (fr.o.m. mars 2015)	Avdelningen för forskning och innovation
Sara Bargi	Avdelningen för forskning och innovation
Anna Andersson	Analysavdelningen
Johanna Lakso	Tillväxtavdelningen
Ulf Malmquist	Tillväxtavdelningen

Ett hållbart energisystem gynnar samhället

Energimyndigheten arbetar för ett hållbart energisystem, som förenar ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

Vi utvecklar och förmedlar kunskap om effektivare energianvändning och andra energifrågor till hushåll, företag och myndigheter.

Förnybara energikällor får utvecklingsstöd, liksom smarta elnät och framtidens fordon och bränslen. Svenskt näringsliv får möjligheter till tillväxt genom att förverkliga sina innovationer och nya affärsidéer.

Vi deltar i internationella samarbeten för att nå klimatmålen, och hanterar olika styrmedel som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter. Vi tar dessutom fram nationella analyser och prognoser, samt Sveriges officiella statistik på energiområdet.

Alla rapporter från Energimyndigheten finns tillgängliga på myndighetens webbplats www.energimyndigheten.se.



Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se