



Lännsstyrelsen i Skåne län
Lännsstyrelsen i Stockholms län
Lännsstyrelsen i Uppsala län
Lännsstyrelsen i Västra Götalands län

Regeringskansliet
Infrastrukturdepartementet
103 33 Stockholm

Diarienummer

Lst Skåne 31142–2020
Lst Stockholm 106-52041-2019
Lst Uppsala 8021–2019
Lst Västra Götaland 42159–2019

Förutsättningar för en trygg elförsörjning

– slutrapport till regeringen avseende ärende I2019/01614/E

Förord

Tillgång till el är en förutsättning för hållbar tillväxt för våra län, inte minst för omställningen till fossilfritt inom transporter och industrin som är nödvändigt för att nå klimatmålen. Genom att lära oss mer och samarbeta kan vi förstå vilka drivkrafter som behövs idag och imorgon för elsystemet. Elsystemets olika led – produktion, överföring och användning – blir alltmer sammanflätade och utvecklingen går snabbt både vad gäller teknik och marknadslösningar, inte minst genom digitaliseringen. Utredningar och lagregleringar presenteras löpande, vilket gör varje försök till sammanfattande överblick snabbt inaktuell och manar till ödmjukhet.

Uppdraget, att belysa dagens och framtidens situation för elförsörjningen regionalt, gick till fyra länsstyrelser – Skåne, Stockholm, Uppsala och Västra Götaland. Situationen ser delvis olika ut i våra fyra län, men gemensamma drag finns och belyses i denna gemensamma rapport som tas fram utöver våra länsvisa redogörelser. Vi vill genom denna sammanlagda bild tillföra ökad tydlighet men också betona fördelar med samarbete storregionalt och nationellt.

Arbetet har, utöver regionala och lokala dialoger, skett i med Energimarknadsinspektionen som haft ett parallellt regeringsuppdrag om kapacitetsbrist i elnäten vilket har fördjupat den gemensamma förståelsen för de utmaningar som finns för att förändra dagens elsystem. Stort utrymme i media och även investeringsmässigt upptas av elproduktion och elnäten. Men begränsningar är inte enbart fysiska utan påverkas också av marknaderna där produktion, distribution och användning möts. Den betydande potential som finns i ökad andel flexibel elanvändning behöver frigöras. Det innebär dock nya utmaningar och olika typer av försök och demonstrationer samt en förståelse för behovet av ständiga förbättringar i arbetssätt och regleringar.

Att arbetet har avgränsats till normaldrift för elnätet betyder inte att frågor kring säkerhet, robusthet och resiliens redan är lösta, vilket inte minst situationen i Skåne under sommaren visade. Det kommer troligen att bli lika viktigt att inkludera nätstabilitetsfrågor i det framtida regionala och lokala arbetet. Det finns möjligheter för nya aktörer att leverera nätstabiliserande tjänster, allt ifrån elproducenter som vindkraft till lagring och användning av el i till exempel datacenter och större laddinfrastruktur.

Länsstyrelsernas uppdrag att främja, samordna och leda det regionala arbetet med energiomställning och minskad klimatpåverkan ger ett särskilt ansvar att sprida kunskap och underlätta dialoger. Vi vill rikta ett stort tack till alla som bidragit genom medverkan på möten och seminarier med mera, vilket till största delen behövt genomföras digitalt på grund av den pågående pandemin. Vilken påverkan som pandemin kommer att ha för vår användning, distribution och produktion av el är för tidigt att dra slutsatser om, men det kan konstateras att digitaliseringen är en viktig del av framtiden.



Sven-Erik Österberg, landshövding Stockholms län



Anneli Hulthén, landshövding Skåne län



Göran Enander, landshövding Uppsala län



Anders Danielsson, landshövding Västra Götalands län

Sammanfattning

Denna rapport utgör slutrapportering för regeringsuppdraget Trygg elförsörjning och är en gemensam rapportering från fyra länsstyrelser, med en gemensam del och fyra länsvisa rapporter där läget i respektive län beskrivs mer utförligt. Gemensamma slutsatser kan sammanfattas enligt nedan.

Vissa akuta situationer har lösts

Det är viktigt att de planerade transmissionsnätförstärkningarna blir klara i enlighet med tidsplanerna. För Uppsalas del handlar det om förstärkningar till år 2023 som tillgängliggör 100 MW, men läget kommer ändå vara mycket ansträngt fram till nästa förstärkning 2030, vilket gör behovet stort av användarflexibilitet (till exempel lokala marknadsplatser för effekt) och nya former av avtal, som till exempel villkorade avtal, samt lokal elproduktion som är tillgänglig vintertid. I Stockholms län bygger Svenska kraftnät fem nya transmissionsnätsstationer, varav två planeras vara färdiga 2022-23, och flera nya elförbindelser. Till 2023 beräknas de planerade åtgärderna tillgängliggöra ytterligare 300–500 MW överföringskapacitet. Resterande tre transmissionsnätsstationer planeras vara klara inom 10 år. Sammanlagt, när alla åtgärder som är planerade är klara, förväntas kapaciteten öka med 3 100 MW till totalt 7 000 MW. Det innebär att det kommer att finnas marginaler på 1 400 MW utöver uppskattat behov till 2030 som är 5 600 MW. För Skånes del kan ett ökat effektuttag på närmare 400 MW tillgodoses redan i november 2020 men ytterligare förstärkningar är nödvändiga vilka beräknas vara klara under 2023/2024. Även den kraftigt försenade Sydvästlänken behöver tas i drift (i oktober 2020) för att jämna ut prisbilden mellan elprisområdena. Avvägningar mellan olika värden och intressen behöver ske och det finns en fortsatt risk för förseningar i många av dessa projekt.

Elnäten nödvändiga för klimatdriven energiomställning

Dagens energiomställning präglas av en ökad användning av el som ska lösas av ökad andel förnybar elproduktion, medan frågan om överföring tagits för given att den inte utgör något hinder. Möjligheterna till flexibilitet i användning och produktion behöver också realiseras och ska inte ställas mot en kraftig elnätsutbyggnad, eftersom båda lösningarna behöver samverka. Elektrifiering är viktig för transport och industri, men ökad andel uppvärmning med värmepumpar på bekostnad av fjärrvärme minskar möjligheterna till elproduktion från kraftvärme och fjärrvärmens möjlighet till spillvärmeomhändertagande.

Elnätsföretagen har ansvar för att leverera el i enligt med ingångna avtal. Kunder som ökar sin elanvändning inom sin abonnerade effekt är svåra att få med i elnätsföretagens nätplanering. Lokal elproduktion i form av kraftvärmeverk som med kort varsel läggs ner är ytterligare exempel där nätplaneringen blir svår. Lokalisering av elintensiv industri kan i vissa fall ske där kapacitetsbrist inte råder, medan andra satsningar, såsom laddinfrastruktur för fossilfria transporter, ofta behövs i tätorter som redan har ett ansträngt läge. Här kan behövas olika typer av nya avtal till exempel villkorade anslutningar där effekten minskas vid behov samt andra former av ökade incitament för flexibel produktion och användning.

Regional samverkan som förtydligar elförsörjningens roll i fysisk planering

Behovet av regional samverkan har lyfts fram i de regionala och lokala dialoger som genomförts för detta regeringsuppdrag. Uppdaterade kommunala energiplaner borde kunna utgöra en god grund för de kommande lokala och regionala nätutvecklingsplanerna. Dagens energiplaner saknar vanligtvis en rumslig dimension och adresserar sällan effektfrågan. Kommunen råder vanligtvis inte över utvecklingen av energisystemen men ger viktiga planeringsförutsättningar för kommunens samhällsutveckling. Lagstiftningen kring kommunala energiplaner¹ är dock föråldrad och Energimyndigheten kan behöva ta en mer aktiv roll som tillsynsmyndighet för dessa planer. Grunden för regional samordning, till exempel stöd till kommunerna för uppdaterade och mer utvecklade energiplaner kan sägas finnas redan idag genom länsstyrelsernas uppdrag inom energi och klimat samt Regionernas regionala utvecklingsansvar. För Skåne och Stockholm finns dessutom ett regionalt planuppdrag.

Det finns behov av en regional samordning för elförsörjningen där samverkan mellan kommuner, nätbolag och användare kan ske. Arbete med långsiktiga och trovärdiga prognoser skulle kunna vara en lämplig aktivitet för en sådan samverkan då gemensamma prognoser kan ge en bättre helhetsbild av länets framtida effektbehov samt vara till hjälp för lokala och regionala nätutvecklingsplaner.

Behovet av långsiktiga och trovärdiga prognoser kräver ökad kompetens hos kommuner med flera: planerare, exploitörer, näringslivsutvecklare. Gemensamma sätt att räkna på effektbehov behöver tas fram, till exempel för laddinfrastruktur.

Incitament och låga trösklar behövs för att flexibilitet ska realiseras

Enskilda mindre elanvändare behöver troligen få hjälp av någon form av aggregator för att kunna erbjuda kostnadseffektiv användarflexibilitet.

Först när tekniska lösningar för flexibilitet är standard snarare än kostsamma tillägg för elförbrukande utrustning, kommer det att finnas förutsättningar för att aktivera användarflexibilitet. Investeringsstöd för installation av säkra styr- och regleringslösningar kan minska tröskeln för brett marknadsdeltagande.

Elnätsbolagen kan behöva ställa krav på viss flexibilitet, både vid anslutning av kunder och vid anslutning av elproducenter som vindkraft och solceller, speciellt i områden med kapacitetsbrist.

¹ Lagen (1977:439) om kommunal energiplanering

Innehåll

1. Inledning – om uppdraget, genomförande, avgränsningar	6
2. Bakgrund och problembeskrivning	7
2.1. Brist på elenergi, effekt eller överföringskapacitet?	10
2.2. Sveriges elkraftssystem	12
3. Regionala förutsättningar	16
3.1. Produktion.....	19
3.2. Överföring.....	21
3.3. Användning.....	22
4. Framtida möjligheter och risker för elförsörjning	23
4.1. Lokal och regional elproduktion	23
4.2. Förstärkt elnät och överföringskapacitet.....	24
4.3. Användarflexibilitet och effektivisering.....	25
5. Sammanfattande analys	26
5.1. Vissa akuta situationer har lösts men långsiktig lösning behövs	26
5.2. Elnäten är en möjliggörare för klimatdriven energiomställning	27
5.3. Regional samverkan som förtydligar elförsörjningens roll i fysisk planering.....	27
5.4. Incitament och låga trösklar behövs för efterfrågeflexibilitet hos hushåll, service och industri samt för flexibel elproduktion	28

1. Inledning – om uppdraget, genomförande, avgränsningar

Länsstyrelserna i Skåne, Uppsala, Västra Götaland och Stockholm fick den 24 oktober 2019 i uppdrag av regeringen att utifrån ett lokalt och regionalt perspektiv analysera samt redovisa effektsituationen på regional nivå i länen på kort och lång sikt. Uppdraget har utförts i samverkan mellan länsstyrelserna samt med Energimarknadsinspektionen som fick ett kompletterande uppdrag. För att svara på uppdraget har länsstyrelserna valt att skriva denna gemensamma rapport med regionala analyser som bilagor.

I arbetet med uppdraget har dialoger genomförts i samtliga län med relevanta lokala och regionala aktörer, såsom regioner, kommuner, näringslivsföreträdare och elnätsföretag för att få en god grund för analys av de lokala och regionala effektbehoven. Tillsammans har länsstyrelserna identifierat relevanta nationella initiativ, projekt och pågående arbeten. Avstämningar har även skett löpande med Energimarknadsinspektionen.

En trygg elförsörjning är en förutsättning för såväl regional utveckling som omställningen till ett fossiloberoende samhälle. Under de senaste årtiondena har vi fått en ökad insikt om att energisektorn har en avgörande betydelse för klimatförändringarnas omfattning. Detta har lett till ambitiösa klimatmål på såväl global nivå och inom EU som på nationell nivå där andelen fossila bränslen ska fasas ut, både genom energieffektivisering och minskad användning samt genom att energikällorna ersätts med förnybara. Energisystemen står därmed inför en rad stora förändringar, vilket inte minst gäller för elsystemet. Elanvändningen i Sverige har legat relativt stabilt under flera decennier, mycket tack vare energieffektivisering och utbyte av föråldrad teknisk utrustning. De senaste årens utveckling talar nu för att användningen kommer att öka i snabb takt samtidigt som Sverige har som mål att nå 100 procent förnybar elproduktion till år 2040 och noll nettoutsläpp av växthusgaser år 2045.

I framförallt Uppsala, Skåne och Stockholm har elnätets, främst transmissionsnätets, kapacitetstak uppnåtts och överskrids under delar av året, framförallt under kalla vinterdagar. I Västra Götaland är det inte lika kritiskt i dagsläget, däremot kan en framtida storskalig elektrifiering av den tunga industrin som särskiljer länet från de andra länen innebära en stor ökning av effektbehovet.

Huruvida det ökade elbehovet kommer att leda till fler fall av regional effekt- och kapacitetsbrist i elnätet i framtiden beror på en rad olika faktorer som exempelvis utbyggnad av nätkapacitet och förnybar elproduktion, utveckling av flexibilitetstjänster, energilagring samt styrmedel som ökar incitamenten att sprida effektbehovet jämnare över dygnet.

Under våren 2020, när arbetet med detta uppdrag var som mest intensivt, drabbades världen av en global pandemi, covid-19, till följd av ett nytt coronavirus. På ett övergripande plan har detta gett stora effekter på de globala energimarknaderna. Det är framförallt efterfrågan på fossila bränslen som gått ner kraftigt och det är för tidigt att kunna se hur stor del av nedgången som inte är temporär utan av mer strukturellt slag. Sverige har ännu inte sett någon större påverkan på efterfrågan på el och inte i närheten av länder såsom Frankrike, Spanien och Italien som haft strikta restriktioner där elanvändningen minskat med upp till 30 procent. Pandemin har påverkat arbetet med uppdraget genom att vi inte kunnat ha fysiska dialoger i den utsträckning som var planerat. Den kan också ha påverkan på de framtidsprognoser som gjorts då flera företag i länen påverkats negativt, vilket skulle kunna fördröja verkställandet av planerade och framtida investeringar. En lägre ekonomisk tillväxt kan även ge en viss fördröjning för bostadsbyggande.

Länsstyrelserna har analyserat elförsörjningssituationen på kort och lång sikt. På kort sikt analyseras nuläget. För att analysera effektsituationen på lång sikt har tidsspannet 10–15 år framåt används, eftersom många av de stamnätsförstärkningar som planeras har genomförts då, samt i viss mån även 20–25 år framåt då målen för 100 procent förnybar elproduktion och nettonollutsläpp av växthusgaser ska vara uppfyllda.

En avgränsning har gjorts till att endast kartlägga och analysera normaldriftstillstånd för elförsörjning. Arbete med exempelvis Styrel² och försörjningstrygghet vid höjd beredskap kommer därför inte omfattas av rapporten.

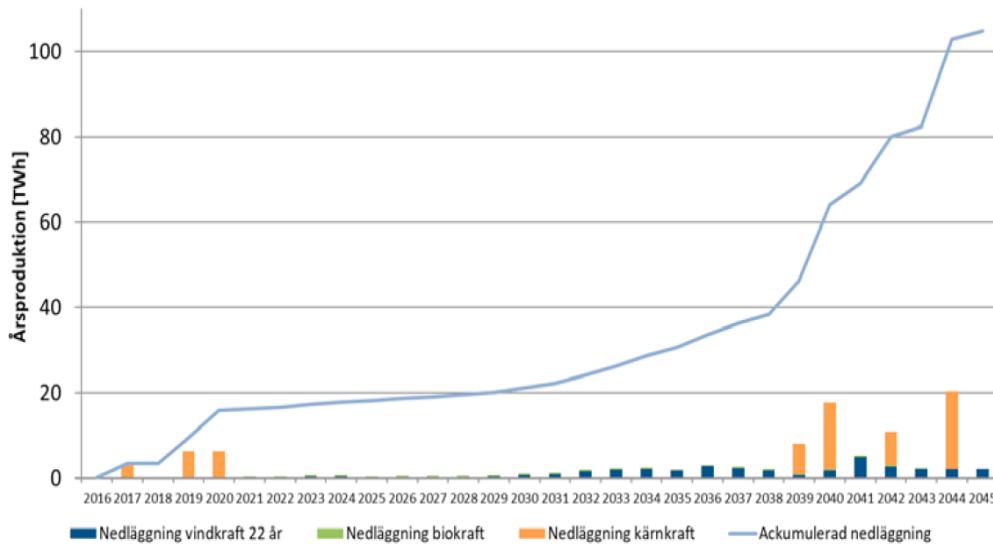
2. Bakgrund och problembeskrivning

Sveriges elproduktion kan delas in i ett antal epoker. Från det tidiga 1900-talets reglering av älvar och utbyggnad av vattenkraft till 1970-talets snabba kärnkraftsutbyggnad, vidare till 1990-talets kraftvärmeproduktion. Centraliserat och storskaligt har varit ledorden då elintensiv industri etablerats kring järnmalm och skogsbruk i norr medan befolkningstäta områden vuxit fram i söder. Dessa relativt förutsägbara och reglerbara kraftkällor utmanas nu av 2000-talets decentraliserade system med många, men ofta småskaliga, produktionsenheter baserade på förnybara energikällor.

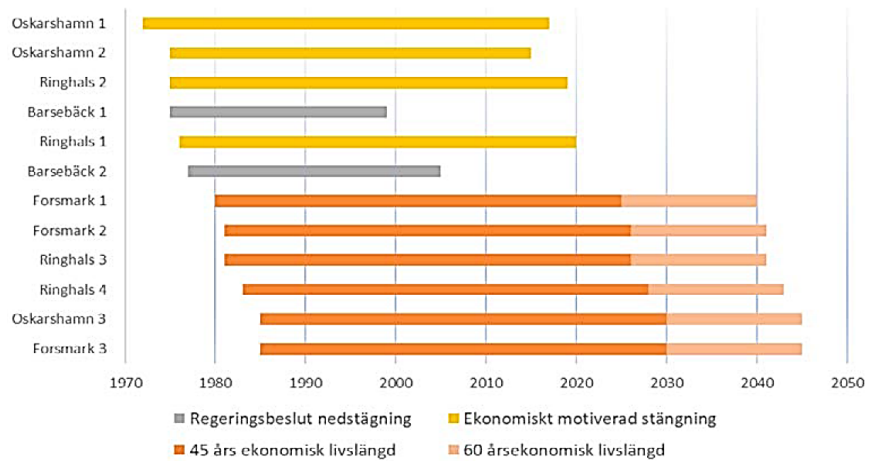
På liknande sätt har Sveriges elanvändning varit förhållandevis förutsägbar bortsett från ett par avgränsade perioder, där effekterna av 1970-talets oljekriser är särskilt tydliga då den direktverkande elen i hushållen ledde till en stor ökning. I stort har elanvändningen ökat organiskt och hållit jämna steg med en växande ekonomin. Även denna bild utmanas nu av en snabb samhälls- och teknikutveckling där fossila bränslen ska fasas ut till förmån för en elektrifierad fordonsflotta, nya stadsdelar växer fram i redan befintliga storstadsområden och ny elintensiv industri i form av exempelvis datacenter vill etablera sig i det kalla och leveranssäkra landet i norr.

Detta är en utveckling som är särskilt utmanande för elnäten eftersom ledtiderna från ett identifierat behov till en ledning i drift oftast är betydligt längre än de projekt som föranlett behovet. Dessutom är det stor skillnad i den ekonomiska livslängden mellan exempelvis en vindkraftspark och den elledning som krävs för inmatning vilket innebär investeringsosäkerhet för elnätsföretagen. Därutöver tillkommer det faktum att den reglerbara kraftproduktion som förväntades bli resultatet av en uppdelning av Sverige i fyra elprisområden har uteblivit. Istället är trenden snarare att kraftvärmeverk och kärnkraftverk avvecklas före sin ekonomiska livslängd eftersom lönsamheten anses vara för låg givet dagens förutsättningar. Den ackumulerade nedläggningen av elproduktion de närmaste årtiondena beskrivs i figur 1 nedan följt av en schematisk bild (figur 2) över kärnkraftens nedstängning över tid.

² <http://www.energimyndigheten.se/trygg-energiforsorjning/el/eleffektbrist/styrel/>



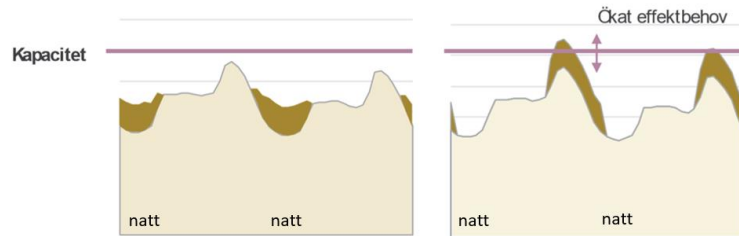
Figur 1. Ackumulerad nedläggning av kraftproduktion till år 2045. Källa: Energimyndigheten (2018) *Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem*.



Figur 2. Nedstängning av kärnkraft över tid. Källa: Energimyndigheten (2018) *Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem*.

Inom såväl EU som nationellt har fokus under senaste årtionden legat på ökad andel förnybar elproduktion samt energieffektivisering i bemärkelsen att minska elförbrukningen på årsbasis. En åtgärd som dock är mer tydligt kopplat till effektutmaningarna handlar om att jämna ut effekttopparna utifrån en kortare tidshorisont – inom dygn eller timmar – än vad elenergieffektiviseringar kan bidra med. Intresset för flexibilitet inom såväl produktion som efterfrågan har ökat i takt med att detta behov blivit tydligt men energieffektiviseringens fokus på att *mängden* energi som används ska minska genom olika åtgärder behöver på ett tydligare sätt kompletteras med initiativ som hanterar *när* vi använder el och med vilket effektbehov. För att nå dit behövs ett bredare perspektiv på samhällsbygget, både i den fysiska planeringen som vid utformning av regelverk och marknader.

Som exempel kan laddning av elfordon bidra till att jämna ut effekttoppar genom att dess laddning styrs till tillfällena på dygnet då effektbehov i resten av samhället är lågt (natttid) medan en oreglerad styrning skulle kunna innebära att topplasttimmens effektbehov ökar ännu mer och blir ytterligare belastat.



Figur 3. Hur laddning av elfordon påverkar maximal last över dygnet. Källa: Energimyndigheten (2020) *En studie av elanvändningens utveckling per*

Figur 3 illustrerar två olika sätt att ladda elbilar över två dygn. I bilden till vänster sker laddningen på natten och i den högra sker laddning på eftermiddag/kväll vilket ökar effekttoppen och därmed belastningen på elnätet

Den snabba utvecklingen har synliggjort ett flertal målkonflikter mellan intressenter med exempelvis olika ekonomiska intressen eller med likartade markanspråk längs kust och kustnära vatten samtidigt som klimat- och miljömål inte alltid är ömsesidigt förstärkande. Elektrifiering av fordon anses vara en helt väsentlig åtgärd för att minska klimatpåverkan samtidigt som det redan nu finns regionala exempel där önskade effekter för laddinfrastruktur, exempelvis för bussladdning i Uppsala och laddgator i Stockholm inte kan mötas fullt ut. I områden som redan nu drabbas av konstaterad nätkapacitetsbrist sker en utveckling där bebyggelsens uppvärmning i ökande grad sker med elförbrukande värmepumpar, både för befintlig bebyggelse och för nya områden. Inom områden med stor andel direktverkande el betyder en övergång till värmepumpar att belastningen på elnätet minskar men i områden med fjärrvärme blir effekterna det motsatta.

Sammantaget har denna utveckling lett till att flera av landets större tillväxtregioner nu upplever en regional effektbrist orsakad av en nätkapacitetsbrist vilket föranlett att flera regionnätsföretag flaggat för att nyetableringar och utbyggnationer inte med självklarhet kan beredas utrymme i elnäten. Det gäller exempelvis fyrspårsavtalen med Uppsala och Knivsta, expansionen av Stockholms tunnelbanelinjer och en rad företag i Skåne.

Med anledning av detta gjorde Länsstyrelsen i Stockholm en hemställan om ett regeringsuppdrag för att kartlägga situationen i länet. Detta resulterade i att länsstyrelserna i Stockholms, Skåne, Uppsala och Västra Götalands län under perioden 24 oktober 2019 – 7 september 2020 analyserat förutsättningarna för en trygg elförsörjning. I uppdraget ingick att:

- utifrån ett lokalt och regionalt perspektiv kartlägga, analysera samt redovisa effektsituationen på regional och lokal nivå i länen på kort och lång sikt,
- ta in information och synpunkter från relevanta lokala och regionala aktörer, exempelvis regioner, kommuner, näringslivsföreträdare och elnätsföretag, för att få en god grund för sin analys av de lokala och regionala effektbehoven.

- identifiera och samordna uppdraget med nationella och regionala initiativ, projekt och pågående arbete som har betydelse för länsstyrelsernas bedömningar,
- redovisa en slutrapport där länsstyrelserna ur ett regionalt perspektiv beskriver hur effektsituationen i regionerna ser ut idag och vilka befintliga eller möjliga framtida problem och risker som finns i länen.

2.1. Brist på elenergi, effekt eller överföringskapacitet?

Elsystemet är ytterst komplext och kan drabbas av olika former av bristsituationer. Ambitionen i avsnittet nedan är inte att förklara dessa situationer på djupet, och inte heller att beskriva de rent tekniska aspekterna kring kraftsystemets stabilitet, men det finns en par tydliga distinktioner som behöver betonas.

I debatten används inte sällan begreppet elbrist som en form av samlingsnamn för olika former av bristsituationer. Detta är olyckligt av flera anledningar, inte minst eftersom "elbrist", på samma sätt som "elöverskott", är en rent fysisk omöjlighet eftersom el måste tillföras och förbrukas i samma sekund. Elbrist syftar alltså på någon annan form av bristsituation vilket kan leda till allt från mindre allvarliga konsekvenser som att el inte kan erbjudas till acceptabla priser eller att inhemsk produktion inte motsvarar efterfrågan vilket skapar ett importberoende, till mer allvarliga som att en aktör måste säga nej till nya kunder på grund av att abonnemangstaket till överliggande nät är nått eller rentav att användare tillfälligt och ofrivilligt måste kopplas bort från elnätet för att undvika en systemkollaps.

Länsstyrelsernas uppdrag handlade framförallt om **nätkapacitetsbrist**, eller mer exakt om brist på tillräcklig *överföringskapacitet* i elnäten. Sådan kapacitetsbrist har sin grund i att elnäten inte dimensionerats eller förstärkts i samma takt som efterfrågan vuxit och att elnäten därför begränsar möjligheten att leverera el till användarna (och i vissa fall att ta emot inmatad eleffekt ifrån produktions-anläggningar).

Det tar lång tid att bygga nytt elnät relativt till annan utbyggnad inom elsystemet, inte minst på grund av en omfattande tillståndsprocess. De stora kostnader, och markintrång, som elnätsutbyggnad innebär gör också att det sällan är vare sig samhällsekonomiskt eller företagsekonomiskt försvarbart att bygga "på spekulation". Detta gör att tillförlitlig prognostisering och planering är avgörande för att elnäten står färdiga i tid. Elenergi används dock inte hela timmar utan den används när vi behöver den. Ibland bara under korta ögonblick och ibland under lång tid. Det är detta som våra elnät måste möta och dimensioneras efter, vilket är den stora utmaningen framförallt under kalla dagar.

En avvägning mellan nätutbyggnad och användning behöver också göras, eftersom den största effekten, som blir dimensionerande för näten, endast utnyttjas ett fåtal timmar per år vilket gör det samhällsekonomiskt lönsamt att se om elanvändningen kan utformas med lägre maxeffektbehov, till exempel genom att flytta elanvändningen i tiden och genom effektiviseringar i användningen. Flexibel användning av el bör dock inte ställas mot behovet av förstärkta elnät, eftersom bäge insatserna behövs.

Det faktum att ett nybyggt elnät har en teknisk livslängd på över 40 år innebär också en investeringsosäkerhet för ägaren (oavsett om det är staten, en kommun, en ekonomisk förening eller ett privat företag) eftersom det elsystem som dimensionerar överföringskapacitet idag kan se fundamentalt annorlunda ut i framtiden när till exempel alltmer elproduktion är småskalig och

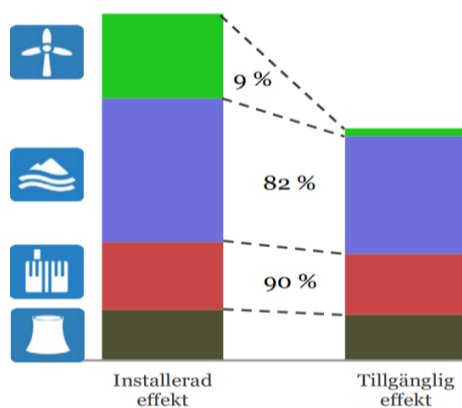
decentraliserad samtidigt som användarnas efterfrågeflexibilitet ökar. Kapacitetsbrist i elnätens överföringsförmåga ska inte förväxlas med andra typer av bristsituationer;

Energibrist, eller närmare bestämt elenergibrist, beskriver en situation där den årliga elproduktionen är lägre än den årliga elanvändningen över tid, vilket innebär att bristsituationen inte är momentan (här och nu). Sverige har ingen elenergibrist, tvärt om så har vi de senaste åren varit nettoexportör av el. Elenergi mäts vanligen i kilowattimme (kWh), eller i tusental som megawattimme (MWh). Sveriges totala elförbrukning har legat relativt stabilt kring 140 TWh per år och vår nationella elproduktion år 2019 var cirka 160 TWh. Mycket tyder emellertid på att stora förändringar är att vänta som innebär en ökning av förbrukning och en minskning av produktion, vilket utgör grunden för den kommande analysen.

Effektbrist upplevs momentant (här och nu) och beskriver en situation med otillräcklig elproduktion för att täcka elförbrukningen vid varje givet tillfälle. Det kan också bli så att en region upplever ett effektöverskott, i de fall där icke reglerbar elproduktion går på högvarv utan att motsvarande ökning sker på användarsidan (till exempel en blåsig dag då alla vindkraftverk genererar mycket effekt). En brist i elnätens överföringskapacitet leder i praktiken till en regional effektbrist i de fall en region (som Skåne) är beroende av eltillförsel från andra län eller länder för att klara sin effektbalans.

Ytterligare en kapacitetsbrist rör elsystemets förmåga att producera el – elproduktionskapacitet – vilket blir allt vanligare i takt med att planerbar produktion ersätts av väderberoende. Detta har lett till att Sveriges *installerade* elproduktionskapacitet har ökat under de senaste 20 åren, samtidigt som *tillgänglig* elproduktionskapacitet minskat under samma period. Ett sätt att illustrera detta är genom en så kallad tillgänglighetsfaktor som beskriver att all installerad effekt inte nödvändigtvis genererar el precis när den behövs. Detta är ett sätt att statistiskt (teoretiskt) mäta tillgängligheten för varje kraftslag och avser *tillgänglig* effekt som kan förväntas under topplasttimmen, som andel av *installerad* effekt.

Figur (4) nedan visar att vattenkraft, kraftvärme och kärnkraft (planerbar kraftproduktion) har en hög tillgänglighetsfaktor (80–90 procent) medan vindkraft, trots en väldigt hög installerad effekt, endast förväntas leverera 9 procent av denna effekt när den behövs under en topplastimme. Detta är ett resultat av att riktigt kalla dagar (då effektbehovet är som störst) historiskt sett har tenderat att sammanfalla med vindstilla dagar.



Figur 4. Tillgänglighet (statistiskt) vid topplastimmen för olika kraftslag. Källa: Svenska kraftnäts *Kraftbalansrapport 2019*.

Detta innebär att det krävs en mycket högre installerad effekt från vindkraft, som ersätter planerbara kraftslag, för att nå ett leveranssäkert energisystem. Sedan mitten av 1990-talet, då elmarknaden avreglerades, har det tillkommit ny reglerbar kraftproduktion på mindre än 100 MW per år. Detta tillsammans med att det under de senaste 10 åren har byggts ungefär 600 MW vindkraft som är väderberoende och icke planerbar kraftproduktion, vars tillgänglighet är betydligt lägre under hårt ansträngda timmar, ställer krav på nya lösningar för att ersätta kommande nedstängning av reglerbar kärnkraft. Sådana lösningar kan vara exempelvis syntetisk svängmassa på produktionssidan, ökad nätkapacitet för bättre nyttjande av vattenkraftens reglerförmåga och överföringskapacitet på utlandsförbindelser för att möjliggöra import, förbrukningsreduktion och efterfrågefleksibilitet på användarsidan samt batterilager i olika delar av elsystemet.

2.2. Sveriges elkraftssystem

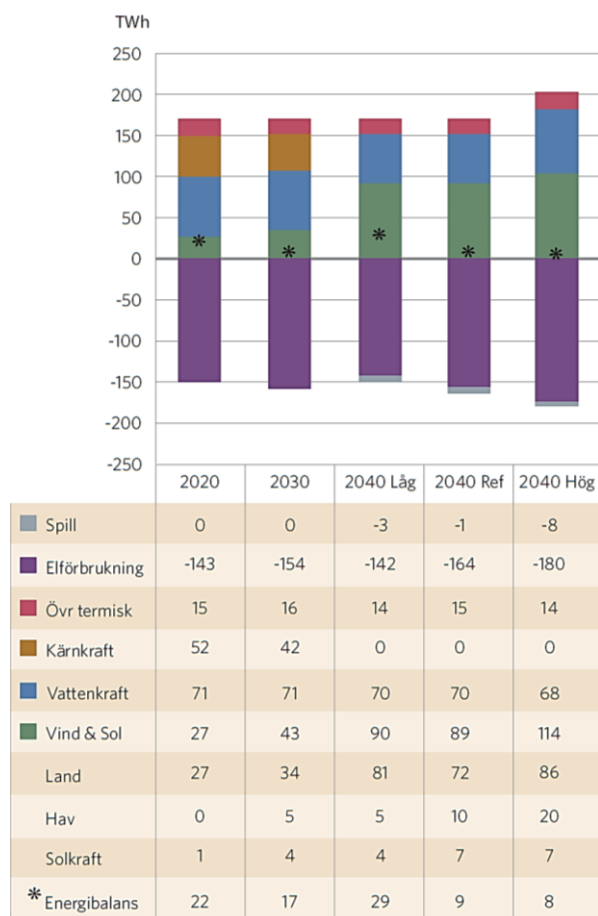
I och med den starka integrationen av elmarknader mellan länder är det idag svårt att tala om ett isolerat svenskt elkraftssystem. Vad som sker utanför landets gränser påverkar vårt elsystem och vad som sker inom landet påverkar vad som sker utanför Sverige. Samtidigt finns det en pedagogisk poäng med att förklara "det svenska kraftsystemet" utifrån dess tre övergripande delar; *kraftproduktion* genom exempelvis vatten- kärn- eller vindkraft, *överföring* genom elnät på transmissionsnivå (tidigare kallat stamnät) eller distributionsnivå (regionalt och lokalt) samt slutlig *användning* i form el som omvandlas till exempelvis värme, belysning eller rörelse.

Produktion

Sveriges elförsörjning har under lång tid varit beroende av vattenkraften och under de senaste 50 åren också av kärnkraften vilka är de kraftslag som fungerat som baskraft i Sverige och bidragit till kraftsystemets stabilitet. För större tätorter har en ungefär en tredjedel av elbehovet vintertid täckts med lokal elproduktion i kraftvärmeverk.

Figur 5 nedan visar Sveriges totala elproduktion under 2020 (prognos) gentemot den förväntade framtida produktionen år 2040 utifrån tre olika scenarier i vilken det kan utläsas att kärnkraft och vattenkraft är de två dominerande kraftslagen i dagsläget medan varav kärnkraften helt faller bort till år 2040 och har ersatts dubblerad mängd förnybart (i referensscenariot).

Figur 5. Simulerat årsmedel för elproduktion, elförbrukning och energibalans. Källa Svenska Kraftnät *Systemutvecklingsplan 2020 - 2029*



Idag exporterar Sverige mer el per år än vad som importerar, vilket innebär att vi som helhet är nettoexportörer. Detta betyder dock inte att produktionen i landet alltid är högre än efterfrågan vid varje givet tillfälle, eftersom produktionen inte har perfekt korrelation med användningen. Därför importerar Sverige el för att dels möta behovet under vissa tider dels därför att en gemensam elhandel innebär prisoptimeringar vilket betyder att det periodvis är lönsamt att importera el. Var i landet det råder överskott och underskott är dock en helt avgörande fråga i diskussioner kring kapacitetsbrist.

Detta blir särskilt intressant i analysen kring vilken effekt som kan förväntas vara tillgänglig under årets **topplasttimme**, det vill säga den timme på året som på ett sätt blir dimensionerande för elsystemet.

Under 2019 inträffade denna timme onsdagen den 30 januari kl. 17–18. Den svenska elförbrukningen uppgick då till 25 200 MWh/h (vilket var lägre än topplasttimmen 2018) medan den totala *installerade* kapaciteten var 40 800 MW vilket (teoretiskt) kan ses som den potentiellt högsta produktionen i Sverige (dock ej realiserbar). All vattenkraftskapacitet kan inte användas samtidigt, kärnkraftens produktion beror på driftsituationen, vindkraften är beroende av goda vindförhållanden och så vidare.

Under topplasttimmen 2019 var tillgängligheten för:

- vattenkraften 77 procent av installerad effekt
- kärnkraft 95 procent
- vindkraften 11 procent
- Därutöver fanns 8000 MW installerat i kraftvärme samt 400 MW i solkraft för vilka det saknas exakt uppgift kring tillgänglighet under topplasttimmen.

Vid en normalvinter har Sverige som helhet ett beräknat underskott på cirka 1000 MW, vid en tioårsvinter upp emot 2500 MW underskott. Underskottet är emellertid långt ifrån jämnt fördelat eftersom SE1 och SE2 har ett kraftigt överskott (7000 MW) medan SE3 och SE4 har ett sammanlagt underskott på 8000 MW för topplasttimmen. Detta beräknade underskott fortsätter att öka i framtiden vilket leder till ett fortsatt högt importberoende (nationellt och över landsgränsen). En utveckling som kan komma att mildra dessa omständigheter, och som sällan tas med i framtida prognoser, är användarflexibilitetens potential för effektbehovet under topplasttimmen.

Överföring

Elnätet är uppdelat i flera olika spänningsnivåer i syfte att minska förluster i så stor utsträckning som möjligt, eftersom förlusterna ökar då spänningen minskar. För att sammankoppla dessa nivåer finns transformatorer som justerar spänningen för att passa nästa nivå. Det vanligaste sättet att beskriva elnätets olika indelningar är att likna transmissionsnätet vid en motorväg, regionnät vid landsvägar och lokalnät vid småvägar. Transmissionsnätet, tidigare kallat stamnätet, transporterar elen långa sträckor, från större kraftverk och mellan länder, med hög kapacitet. Regionnätet ansluts till stamnätet och distribuerar elen vidare till olika orter, lokalnätsområden, samt anläggningar med stort effektbehov. Flera lokalnät ansluts sedan till regionnätet och transporterar ut elen till de flesta slutanvändare i både stora och små orter genom stads- och landsbygdsnät.

Transmissionsnätet i Sverige har anpassats efter tung industri, centraliserad elproduktion via vattenkraft, och senare kärnkraft samt stora effektuttag i landets sydligare delar. Utlandsförbindelser är mycket viktiga för att hålla balansen i elsystemet, dels för att de nordiska ländernas elsystem är så

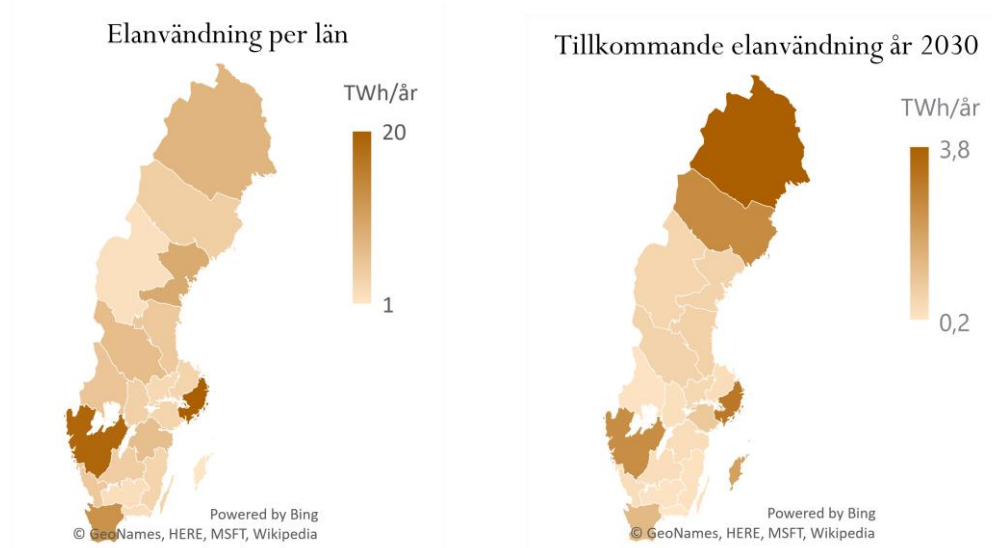
kallat synkront anslutna och kräver momentan balans, dels för att öka leveranssäkerheten och skapa en jämnare prissättning inom EU. De södra delarna av landet har hög efterfrågan på el och låg produktion, speciellt under topplasttimmen, vilket kräver tillräckliga förbindelser för att mätta det behov som finns och stabilisera elnätet. Sverige har totalt 23 förbindelser med utlandet som används för att exportera och importera el mellan de nordeuropeiska länderna Danmark, Finland, Norge, Litauen, Polen och Tyskland.

Elnäten på lägre spänningsnivåer kallas för distributionsnät och delas upp i lokal- och regionnät. Regionnätet ägs till största delen av de tre företagen Ellevio AB, E.ON Energidistribution AB och Vattenfall Eldistribution AB. Lokalnäten ägs av cirka 160 företag av varierande storlek och ägandeformer där cirka hälften av företagen ägs av stat, kommun eller ekonomiska föreningar och andra hälften av privatägda bolag.

Sedan 2011 är Sverige indelat i fyra så kallade elprisområden (SE 1-4) vars övergripande syfte är att skicka prissignaler till marknaden så att ny elproduktion förläggs där det råder produktionsunderskott (det råder höga elpriser) samtidigt som behov av nya nätinvesteringar blir synliga. Den svenska elproduktionen är fortsatt centrerad till de norra delarna av landet där tillgången på vattenkraft är stor, medan elanvändningen är centrerad till de södra delarna där befolkningen är större. Detta ställer krav på att elöverföringen mellan norr och söder är tillräcklig i väntan på att produktionsfördelningen jämnats ut.

Användning

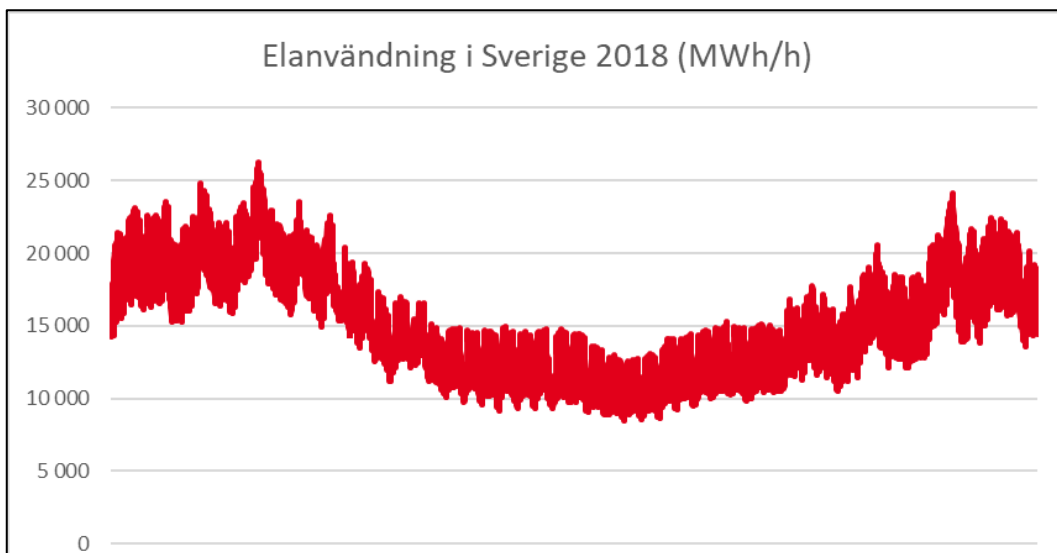
Elanvändningen i Sverige uppgick under 2018 till 142 TWh exklusive export och fördelar sig främst över sektorerna tillverkningsindustri (34 procent), service (30 procent) och hushåll (25 procent). Resterande användning tillskrives förluster, transport och jordbruk som står för ca. 10 procent av elanvändningen tillsammans. Fördelningen geografiskt illustreras i figur 6 nedan som visar att elanvändningen idag är som störst i Västra Götalands, Stockholms och Skåne län och att tillkommande användning till stor del sker i dessa län samt i norr. Därmed sker även fortsättningsvis stora delar av elanvändningen i den södra tredjedelen av landet.



Figur 6. Elanvändning per län idag samt tillkommande användning 2030. Källa: Energimyndigheten (2020) *En studie av elanvändningens utveckling per län*.

Den totala elanvändningen i Sverige förväntas öka, främst på grund av transporternas elektrifiering och industrins övergång från fossila råvaror till vätgas från elektrolys. Regionalt kan expanderande bebyggelse för bostäder och service leda till en ökad elanvändning som överstiger den samtidiga effektiviseringen inom sektorn. Det finns flera olika scenarier för hur snabbt elanvändningen förväntas öka men en generell uppskattning är att användningen ökar med 20 TWh (till 160 TWh/år) till år 2030 och vidare upp till 190 TWh år 2045.

Återigen blir det emellertid viktigt att hålla isär den totala och nationella energianvändningen under året med den momentana elanvändningen (effektförbrukningen) för varje enskild timme. Figur 7 nedan illustrerar Sveriges momentana elanvändning kan variera över dygn och säsong med ett tydligt mönster att elanvändningen är som störst dagtid under vardagar och att den ökar vid kall väderlek. Data för elanvändning i Sverige samlas dock vanligen in som timmedelvärden, vilket betyder att det under vissa delar av respektive timmar kan vara både lägre och högre elanvändning än vad medelvärdet visar.



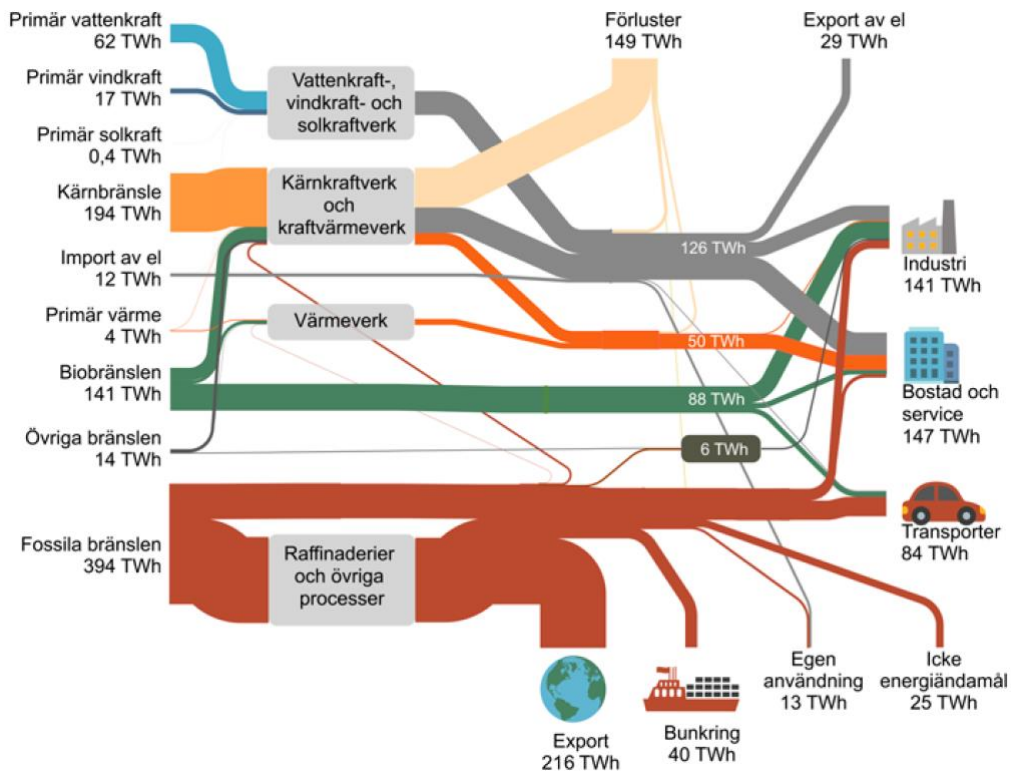
Figur 7. Det timvisa medeleffektbehovet i Sverige under 2018. Effektbehovet är som högst under dagtid på vardagar under kalla vintertimmar. Källa: Data från Svenska kraftnät

Byggnader som värms med el har i allt större utsträckning ersatt direktverkande el med mer effektiva eldrivna värmepumpar i kombination med så kallad elspets som sätts in vid kallt väder, vanligen när det är kallare än -15 grader ute. Under de senaste åren har det varit ytterst få timmar som temperaturen varit kallare än -15 grader och vårt elsystem har egentligen inte satts på prov i det avseendet sedan år 2010.

Elanvändningen i framtiden kommer förmodligen kunna mättas med hjälp av inhemsk produktion, men den momentana balansen kan bli svår att upprätthålla under topplasttimarna med enbart inhemsk produktion om kärnkraften helt och hållet byts ut mot vindkraft, som oftast inte genererar särskilt mycket under årets kallaste dagar. Det är värt att betona att importbehovet kan vara stort även hos andra nordeuropeiska elområden vid den här tiden och att utlandsförbindelserna inte utgör en effektgaranti. Möjligheterna att minska effekttopparna är alltså av avgörande betydelse för framtiden.

3. Regionala förutsättningar

Energisystem kan beskrivas som ett flöde där de primära energitillgångarna, som vind, sol eller fossila bränslen omvandlas till energibärare som enkelt kan nyttjas. Det är i sammanhanget alltså viktigt att poängtera att el i sig själv inte är en energikälla, utan ska betraktas som en energibärare. I figur 8 nedan beskrivs energins flöde i det svenska energisystemet genom ett så kallat Sankey-diagram. På vänster sida i diagrammet syns de primära energikällorna och på höger sida slutanvändningen av den omvandlade energin. Värt att notera är att Sverige är nettoexportör av el, vilket innebär att mer el produceras och exporteras årligen än vad som importerats och används.



Figur 8. Energins flöde genom det svenska energisystemet 2018 i ett Sankey-diagram. Källa: Energimyndigheten *Energiläget 2020*. För regionala energiflöden se respektive läns regionala rapporter.

Nedan beskrivs en sammanfattning i punktform av respektive läns lokala förutsättningar, för mer utförliga beskrivningar hänvisas till de länsvisa rapporterna.

UPPSALA:

- Kapacitetstaket nått för abonnemanget mot stamnätet, mer kapacitet kommer enligt Svenska kraftnät först 2023 (en mindre ökning, 100 MW) samt 2030.
- Fram till dess har länet ett mycket ansträngt effektläge. Länet tillväxt i procent är högst i Sverige redan innan fyrsparåsvalets tillkommande åtagande att bygga bostäder med tillhörande service och infrastruktur. Det är ett högt tryck på logistiketableringar i södra delarna i länet, vilket avlastar Stockholmsområdet.

- Kraftvärmeverket i Uppsala som tidigare gav 100 MW lokalt under vintertid läggs ner definitivt 2021/22, vilket storleksmässigt kan jämföras med grundabonnemanget i centrala Uppsala län som är 300 MW till Svenska Kraftnät. Ingen ny kraftvärme som ersättning finns beslutad, då finansiering saknas och det är dålig lönsamhet. Inget avtal finns om längre tids kraftvärme-backup som skapades hösten 2019 för Stockholm och Skåne.
- Vattenfall med flera aktörer testar lokal effektmarknad i Uppsala genom EU-projektet CoordiNet, vilket tillsammans med nya avtalsformer som villkorade avtal, är mycket viktiga åtgärder för att kunna ansluta nya och utökade verksamheter. CoordiNet testades framgångsrikt vårvintern 2020.
- För Uppsala läns tätorter är det stor risk att bebyggelsens elanvändning kommer att öka, inte minska som Energimyndighetens rapport 2020 *En studie av energianvändningens utveckling per län* beskriver för Sverige som helhet. Ingen minskning har syns hittills i elanvändningen för småhus och fritidshus i länet, de trender som Energimyndighetens rapport hänvisar till (byte från direktverkande el till värmepumpar ska väga upp ökad bebyggelse) borde skett även de senaste 10–20 åren. Det kan alltså finnas regionala skillnader som gör att det för vissa regioner kan bli en ökad elanvändning för bebyggelsen.

STOCKHOLM:

- Kapacitetstaket är nått för abonnemanget mot stamnätet, mer kapacitet kommer enligt Svenska kraftnät först 2023 (en mindre ökning) samt 2027. Fram till dess har länet ett mycket ansträngt effektläge.
- Svenska kraftnät bygger fem nya transmissionsnätstationer, varav två planeras vara färdiga 2022-23 och resterande tre planeras vara klara inom 10 år. Sammanlagt, när alla åtgärder som är planerade är klara, förväntas kapaciteten öka med 3 100 MW till totalt 7 000 MW. Det innebär att det kommer att finnas marginaler på 1 400 MW utöver uppskattat behov till 2030 som är 5 600 MW.
- Mycket låg grad av regionalt producerad el, ca 10 procent. Nästan all regional elproduktion utgörs av kraftvärme. Liten andel vind- och solenergi och nästan ingen vattenkraft.
- Flexibilitetslösning inom projektet SthlmFlex har igångsatts under 2020 med medverkan från flera bolag.
- En befolkningsökning på ca 15 procent förutspås till 2030 och en ökning av elförbrukningen med ca 1,5–2 procent per år. Ökning främst beroende på ökad elektrifiering av transporter (elfordon, tunnelbana och tåg).
- Avtal om kraftvärme producerad av bioolja (320 MW) under hösten 2019 bromsade den mest akuta krisen.

SKÅNE:

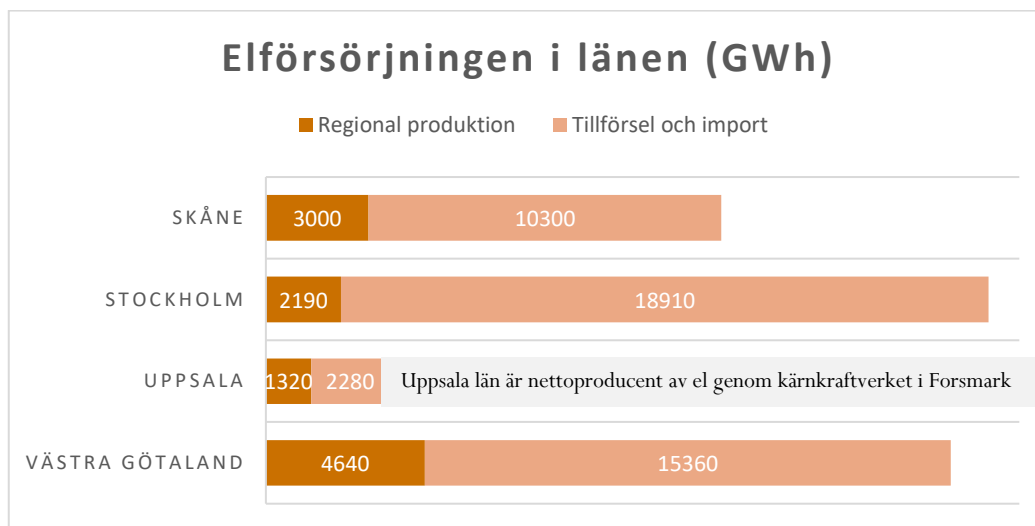
- E.ON Regionnät önskade under 2018 en ökning på grundabonnemanget till Svenska Kraftnät på 650 MW till totalt 1000 MW. Efter en fördjupad analys kunde abonnemanget på kort tid ökas till 750 MW med tillfredsställande säkerhetsmarginaler men ytterligare åtgärder krävdes.
- Förstärkningar av transmissionsnätet till, och inom, Skåne har länge varit beslutade i Svenska Kraftnäts investeringsplan. Dessa projekt var från början tänkta att realiseras först fram mot 2030, men i takt med att prognoserna pekade mot ökat effektbehov har projekten flyttats framåt i tiden och förväntas nu vara klara 2024.
- Efter en aktörsgemensam analys mellan Svenska Kraftnät och E.ON togs en åtgärdsplan fram som sammantaget innebär att summaabonnemanget i Sege/Arrie kan ökas till 1150 MW vilket med god marginal tillgodoser de förfrågningar som finns från regionnät och underliggande nivå. Ökad kapacitet är beräknad att tillgängliggöras före årsskiftet 2020 genom flera olika åtgärder från Svenska Kraftnät och regionnätsägaren E.ON. Bland annat dynamisk ledningskapacitet på begränsande 400 kV-ledningar, installation av nätvärn för att fränkoppla Baltic cable vid fel samt en beredskapsplan för snabb reducering av regional förbrukning.
- Svenska kraftnät medges undantag från EU:s regler om att minst 70 procent av överföringskapaciteten på utlandsförbindelser ska tilldelas marknaden. Detta i syfte att kunna stötta upp i situationer av akut kapacitetsbrist då 600 MW av transmissionsnätets kapacitet ned till sydvästra Skåne är reserverade för export till Tyskland via Baltic Cable.
- Sedan oktober 2019 tillgängliggör E.ON Energidistribution en nätkapacitetsreserv om 95 MW via E.ON Värme numera biogaseldade Heleneholmsverket.
- I november 2019 öppnade E.ONs digitala marknadsplats för flexibilitet i Malmöregionen, Switch, som ett av flera marknadsbaserade initiativ för kapacitetshantering inom CoordiNet. Projektet drevs under en demonstrationsperiod till och med mars 2020 och under vintern 2020/2021 kommer tre nya marknadsplatser att starta i Skåne.
- Reglerbar kraftproduktion fortsätter att kämpa med dålig lönsamhet och det nu nedstängda Öresundsverket, med sina 440 MW installerad kapacitet, är till försäljning. Detta samtidigt som annan kraftvärmeproduktion utmanas av såväl låga elpriser som minskad efterfrågan på fjärrvärme samt alternativa värmekällor såsom geotermisk värme och spillvärme från industri och större forskningsanläggningar.
- Länet har mycket gynnsamma vindförhållanden för havsbaserad vindkraft samtidigt som ett antal intressekonflikter försvårar utbyggnaden. Utifrån ett regionalt försörjningsperspektiv är det av stor vikt att elproduktion med god tillgänglighet under stor del av året, som havsbaserad vindkraft anses vara, förläggs i länets geografiska närhet och inte på sådant sätt att överföringskapacitet mellan nord och syd återigen blir en begränsande faktor i framtiden.

VÄSTRA GÖTALAND:

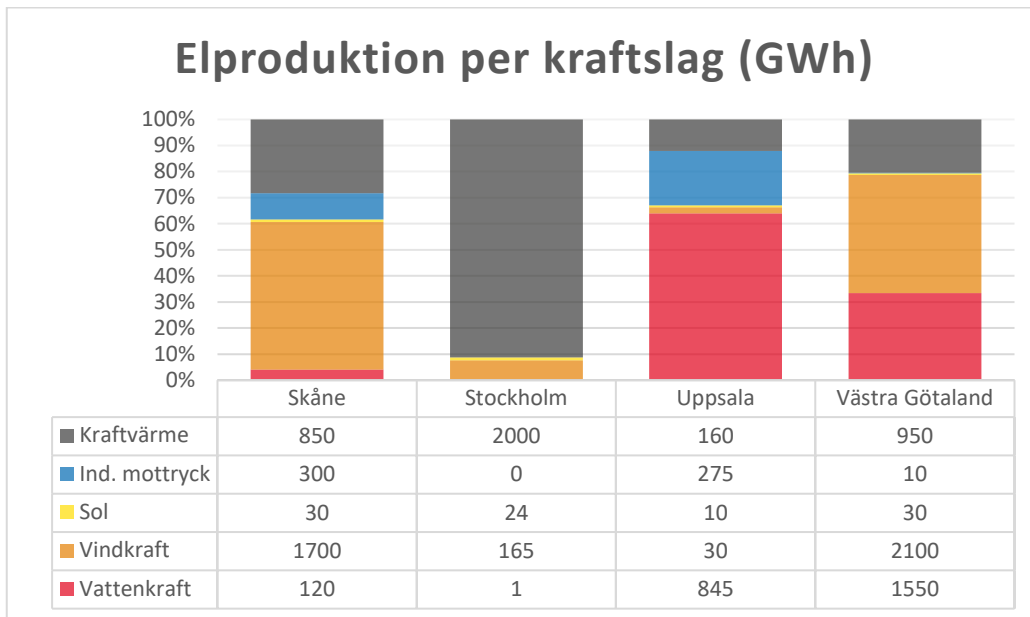
- Kapacitetstaket ännu inte nått för abonnemanget mot stamnätet, planerad förstärkning av "Västkustledningarna" kommer att vara klart 2027. Ett pågående projekt i länet är "Skogsäter-Stenkullen" som är en ny 400 kV-ledning längs västkusten.
- En framtida elektrifiering av industrin för fossilfrihet kommer att ge kraftiga ökning av effektbehov från 2030 och framåt.
- Kombinationen av en storskalig elektrifiering av industrin, stor hamnverksamhet som ska bli fossilfri samt de effektökningar som förväntas av en storstadsregion gör att utmaningarna att förse samtliga sektorer med eleffekt blir stora med dagens elnätskapacitet.
- Majoriteten av den regionala elproduktionen består av vindkraft, vilket även kommer spela en stor roll för elförsörjningen i länet framöver.

3.1 Produktion

Samtliga län är starkt beroende av eltillförsel från andra län (eller länder) vilket visas i figur 9 och andelen per kraftslag skiljer sig åt vilket illustreras i figur 10. Uppsala län är nettoproducent av el genom kärnkraftverket i Forsmark (cirka 24 TWh årligen), men den elen transmittteras direkt till Stockholm och/eller exporteras, och passerar endast genom länet.



Figur 9. Relationen mellan tillförd och egen elproduktion i de fyra länen. Notera att Uppsalas produktion genom kärnkraftverket Forsmark är exkluderat, eftersom den utgör en nationell snarare än regional resurs.



Figur 10. Elproduktion per kraftslag. Produktionen från kärnkraftverket i Forsmark är exkluderat i Uppsalas statistik.

En trend för samtliga län är att elproduktion med kraftvärmeverk är olönsam och läggs ner. Uppsala län har inte som Stockholm och Skåne län något långt (10 år) avtal om backup via elproduktion från kraftvärmeverk.

Ökad vindkraftsutbyggnad kräver i vissa fall en förstärkning av elnätet vilket i sin tur innebär långa tillståndsprocesser, vilket kan begränsa vindkraftens tillväxt. En nationell vindkraftsstrategi är under framtagande och planeras att färdigställas i december 2020. Det finns intressanta möjligheter för vindkraft att bidra med nätstabilitet och tekniska lösningar, men ekonomin behöver utvecklas. Det är lite oklart huruvida elnätsföretagen kan kräva viss flexibilitet/reglerförmåga vid anslutning, eller om det främst är ekonomiska utmaningar.

Solceller bidrar inte med så mycket effekt vintertid då elefterfrågan är som störst, men för framtiden kan solinstallationer med batterier utjämna solelproduktion mellan dag och natt och utnyttjas även under vintern för utjämning och minskat maxeffektuttag från elnätet. Även här skulle nätanslutning som kräver viss flexibilitet utgöra en intressant potential för att minska effekttoppar och belastningen på elnäten.

Batterilager etableras bland annat i Uppsala för att kunna utgöra en resurs för stabilisering av elnätet. Vätgas kan i framtiden utgöra energilager för balansering mellan över- och underskott av el från vind och sol.

Vattenkraftens elproduktion förväntas inte kunna öka, snarare tvärtom i enlighet med vad den nationella planen för omprövning anger (NAP).

3.2 Överföring

De regionala elnäten har de senaste vintrarna regelbundet överskridit sin abonnerade effekt mot Svenska Kraftnät, främst under de kallaste timmarna dagtid. Vintrarna har ändå varit jämförelsevis milda, utan långvariga köldperioder.

Begäran om utökad effekt via Svenska Kraftnät kan uppfyllas först på flera års sikt på grund av att de flaskhalsar som finns i transmissionsnätet. För att bygga bort flaskhalsarna krävs stora förstärkningsprojekt i form av nya ledningar med högre spänning och nya nätstationer. Skåne planeras få utökad effekt redan under slutet av 2020, Uppsala län planeras få en mindre utökning 2023 medan de större utökningarna planeras för Stockholm först 2027 och Uppsala 2030. Det omfattande investeringsprogrammet NordSyd kommer att öka kapaciteten för överföring av el från norr till söder, mellan elområdena SE2 och SE3. I Västra Götaland planeras nya ledningar och stationer för det som kallas "Västkostledningarna" som ska vara klart 2027. Västra Götalands län upplever inte akut kapacitetsbrist för elnäten ännu, men omställningen till fossilfrihet framförallt för länets petroleum- och kemiindustri kommer troligen att kräva en kraftig ökning av elenergi- och eleffektbehov. Denna ökning kan bli svår att tillgodose med dagens elnätskapacitet, speciellt om man förväntar sig en effekttökning från andra sektorer samtidigt.

Det finns dock betydande risker för förseningar i tillståndsprocesserna för nätförstärkningar eftersom det finns omfattande målkonflikter kring markanvändning och kring höjd på kraftledningsstolpar. Vad gäller avvägning mellan olika riksintresseanspråk så har Energimyndigheten möjlighet att peka ut fler delar av transmissionsnätet som riksintresse och länsstyrelsen kan betrakta stamnätet som riksintresse redan nu, men enligt 3 kap 10§ MB har anläggningar för totalförsvaret en särställning. Det är av stor vikt att Forsvarsmakten bidrar till att planerna för förstärkningar av transmissionsnätet kan genomföras utan förseningar.

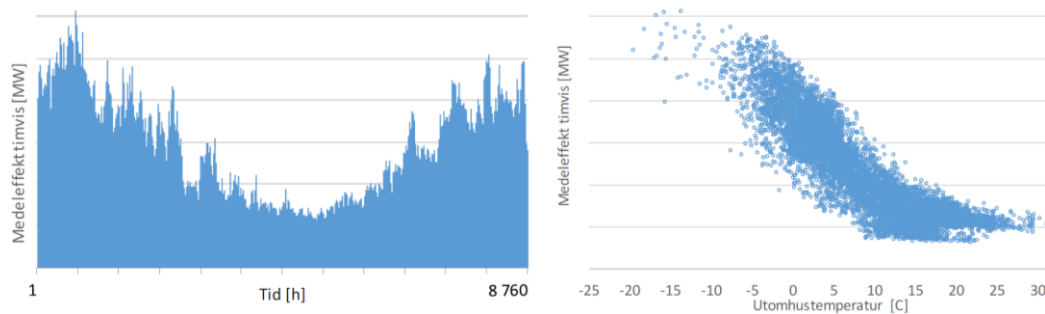
Vad gäller lokal- och regionnät kan de krav på nätutvecklingsplaner som kommer att föreslås av Energimarknadsinspektionen, göra att dialogen ökar mellan elnätsföretag och kommuner samt företag i tidigare skeden än idag. Det framförs att elnätsbolagen kommer in för sent i processen, men de har samtidigt svårt att ge definitiva besked förrän skarpa förfrågningar kommer.

Elnätsbolagen får ansluta nya kunder baserat på "aktuell belastning" som kan tolkas som historiska data för maxeffekt. Om dimensioneringen av elnäten skulle ske utifrån abonnemang, ger det ett kraftigt överdimensionerat elnät och -kostnader. Energimarknadsinspektionen för fram vikten av nyttjandavtal som komplement till befintliga elnätsavtal. Olika elnätsföretag har olika inställning till att teckna villkorade elavtal (som minskar möjlig elanvändning enligt ett enligt fast schema under vintertid eller vid behov), till exempel vid anslutning av laddinfrastruktur. Det finns risk att elnätsföretagen förlorar en tvist, Energimarknadsinspektionen utreder därför nu förslag som gör det tryggare för elnätsföretagen med denna typ av avtal. Det bör vara kostnadseffektivt med dessa lösningar jämfört med att förstärka näten för effekter som bara inträffar någon timme något år.

Nätets balansförmåga och begränsningar av elexport har aktualiserats främst för Skåne under sommaren 2020. Nätstabilitet är en viktig del av trygg elförsörjning förutom behovet att kunna täcka de maxeffektbehov för elanvändningen som inträffar vintertid. Flexibel elanvändning kan vara en viktig nyckel för både nätstabilitet och minskade eleffekttoppar i användningen.

3.3 Användning

Scenarier för framtidens elanvändning används ofta som ett planeringsunderlag för exempelvis elnätsföretag, myndigheter, industri och näringsliv. En aspekt som ofta negligeras i scenarier, eller långsiktiga prognoser, är potentialen för flexibel elanvändning, även om flera studier gjorts även kring detta (se bilaga 1 för en översikt). Det går inte att rakt av översätta ökad elanvändning till ökat maxeffektbehov eftersom eluttagen är olika i tid och rum och dessutom kan påverkas genom exempelvis ekonomisk ersättning för flexibel användning som kan minska effekttopparna (jfr till exempel snabbbladdning – långsamladdning av elfordon). Effektbehovet kan dessutom variera med flera hundra procent mellan exempelvis en helnatt under sommartid och en kall vardag vintertid vilket illustreras i figur 11 nedan.



Figur 11. Elanvändning för småhus med elvärme under 2019, till vänster visas timvis användning över tid och till höger visas användning i förhållande till utomhustemperatur. Källa: Energikontoret StorSthlm (2020) *Eleffektiva kommuner*

I de regionala analyserna har ett antal utvecklingar identifierats med särskild betydelse för framtida elanvändning, vilka redogörs för i korthet nedan.

Laddinfrastruktur

Gemensamma drag för de fyra länen är bland annat behovet av eleffekt för laddinfrastruktur som behövs för fossilfria transporter, både lätta och tunga fordon. Gemensamma prognosverktyg för beräkning av till exempel effektbehov för laddinfrastruktur saknas i dagsläget. Elnätsbolagen beskriver att deras nätutvecklingsplaner påverkas dramatiskt beroende på upplägg och takt i arbetet med installation av laddinfrastruktur.

Uppvärmning

Även i kommuner som har akut kapacitetsbrist sker betydande fränkoppling av befintliga fjärrvärmeanslutningar till förmån för värmepumpar, vilket kommer att öka bebyggelsens elanvändning och ge ett ökat maxeffektbehov. Detta minskar effektutrymmet för nya verksamheter och bostäder. Då nya verksamhetsområden byggs utan koppling till när- eller fjärrvärmenät finns ingen möjlighet för de nya verksamheterna att välja gemensam uppvärmning eller genomföra spillvärmeutnyttjande fastigheter emellan.

Minskad efterfrågan på fjärrvärme minskar underlaget för kraftvärme. Minskat intresse för fjärrvärmenät minskar också möjligheterna att ta till vara spillvärme från till exempel industrier, datacenter och i framtiden även den värme som alstras vid vätegproduktion från elektrolysörer.

Datahallar

Etableringen av datahallar styrs idag inte med lokaliseringssignaler annat än när kapacitetsbristen är akut och nyanslutning inte kan medges. Datahallar har ett betydande effektbehov. De tre nya

datahallarna i Mälardalen (Västerås, Eskilstuna och Katrineholm) kommer att behöva mer än 300 MW ansluten elleffekt, vilket är mer än Uppsala stad med omnejd. Staffanstorps i Skåne är ett annat exempel på en anslutning som sker i ett område med konstaterad kapacitetsbrist för elnätet. Datahallar är samtidigt anläggningar som skulle kunna bidra med tjänster för elnätet genom till exempel nedreglering med hjälp av anläggningens batteribackup (UPS). Datahallar etableras dessutom ofta med egna reservverk men då dessa drivs med diesel skulle ett utnyttjande av dessa innebära fossila stödtjänster för elnätet fram till dess en övergång till biodiesel sker. Datahallarnas storlek gör omhändertagande av spillvärme via fjärrvärmesystem till en viktig del i den lokala energiplaneringen.

Forskningsanläggningar

I Skåne kommer forskningsanläggningarna MAX IV och ESS i Lund att utgöra större elleffektanvändare. Det är inte tydligt i vilken utsträckning dessa anläggningar skulle kunna regleras ner för att minska belastningen på elnätet. Även dessa anläggningar kommer leverera betydande mängder spillvärme när de är i drift.

Industri

Prognoser för framtida elanvändning i Sverige beror på industrins framtida användning av vätgas (som bränsle och råvara för kemiindustri) producerad med hjälp av elektrolys. Effektbehovet påverkas särskilt starkt om vätgasproduktionen inte antas kunna utformas med flexibel elanvändning för minimerade effektoppar.

Västra Götaland har en omfattande kemiindustri som är känslig för elavbrott och leveranssäkerhet för elnätet är därför en viktig del av den lokala och regionala nätplaneringen. Omställningen till fossilfri produktion för både kemiindustrin och raffinaderierna kommer att innebära stora ökningarna i elanvändning och effektbehov, främst genom att fossila råvaror ersätts av vätgas producerad med hjälp av elektrolys.

Testanläggningar för elektrolysörer som ska producera vätgas planeras inledas redan 2024, men den storskaliga elektrifieringen förväntas ligga 10–25 år fram. Även klimatåtgärder som koldioxidinfångning, CCS, bör betraktas som en elintensiv verksamhet. Det kan förväntas att åtminstone vätgasproduktion skulle kunna utformas med flexibelt elbehov, det vill säga kunna reglera ner elanvändningen när det är gynnsamt för elsystemet och tillräcklig ersättning ges.

4. Framtida möjligheter och risker för elförsörjningen

Fossilfri utveckling i länen kommer sannolikt att leda till ökad elanvändning, främst för transporter och industri samt genom den etablering av datacenter som pågår. Nedan beskrivs möjligheter och utmaningar med de olika delar av elsystemet som behöver samverka: elproduktion, överföring och användning.

4.1 Lokal och regional elproduktion

- Teknisk utveckling och politiska initiativ har lett till en snabb utbyggnadstakt av vindkraft och i viss mån även solceller.

- Målet om 100 procent förnybar elproduktion 2040 bedöms kräva en kraftig utbyggnad och reinvesteringar i förnybar elproduktion, där störst potential anses finnas i utbyggd vindkraft samt i viss mån även solceller och kraftvärme.
- Om inte kostnadseffektiv avsättning eller lagringsmöjlighet finns för vind- och solkraft, minskar intjäningsförmågan ju mer som byggs, eftersom elpriset närmar sig noll eller rentav minus under gynnsamma vind- och solförhållanden.
- I dagsläget ställs inga konsekventa krav på exempelvis syntetisk svängmassa för vindkraftverk och/eller batterilager vid installation av vindkraftverk eller solcellsanläggningar. Detta gör att el från vind och sol i dagsläget, då den är intermitterent, inte kan leverera den systemstabilitet till elnätet som skulle kunna vara möjlig. Om inga krav ställs kan leveranssäkerheten för elsystemet sägas stå tillbaka till förmån för billig och förnybar el.
- Utan att föregå den nationella vindkraftsstrategin, kan det ändå redan nu betonas att man vid geografisk placering av nya verk bör se till möjligheterna att koordinera dessa med Svenska Kraftnäts investeringar. Om huvudparten lokaliseras i t.ex. SE 2, ökar trycket på transmissionsnätet. På "fel" sida flaskhalsen i elsystemet gör tillkommande elproduktion mindre systemnytt.
- Havsbaserad vindkraft i södra Sverige skulle kunna ge tillskott av regional elproduktion som minskar behovet av eltransmission från norr till söder, men det finns många målkonflikter samt ett stort behov av nya anslutningsförbindelser vilket ger långa ledtider för projekt.
- Den planerbara elproduktion som kommer finnas kvar då kärnkraft fasas ut är primärt vattenkraft och kraftvärme. Men som resultat av låga elpriser är det inte lönsamt för kraftvärmeverk att generera el i stor utsträckning, vilket har gett många beslut om nedläggning de senaste åren.
- Den nationella planen för omprövning av vattenkraft (NAP) kan komma att innebära försämrade elförsörjningssituationer för flera län, däribland Uppsala, men troligen endast på marginalen.

4.2 Förstärkt elnät och överföringskapacitet

- Nätutvecklingsplaner föreslås av Energimarknadsinspektionen och bör bidra positivt till framtida planering av nätutbyggnad. Nätutvecklingsplaner förutsätter utförliga indata från bland annat kommuner och näringslivsföreträdare samt en bedömning av översiktsplanernas rimlighet. Om nätutvecklingsplanerna inte är öppettillgängliga minskar användningen men då kan också mer känslig information som etableringsplaner för nya verksamheter komma att uteslutas.
- Utredningen Moderna tillståndprocesser för elnät (SOU 2019:30) ger förslag på åtgärder som ska förkorta tillståndprocesserna, en tidsplan för förverkligandet av åtgärderna är ännu inte fastställd.

- Dagens rådande elnätsreglering bidrar till att elnätsföretagen företrädevis väljer att arbeta med ombyggnationer och förstärkningar av ledningar och stationer i elnätet framför att arbeta med nya smarta lösningar för effekt- och laststyrning. Det är säkrare att investera i ombyggnation och förstärkning av näten då det ökar kapitalbasen i elnätsregleringen och ger säkrade intäkter framöver.
- Leveransansvaret hos elnätsbolagen bör leda till att stödtjänster för elnätet i form av planerbar produktion och flexibel elanvändning också värdesätts och prissätts på rätt sätt. De nya typer av villkorade elnätsavtal som har kommit fram under senaste året är viktiga för att ge möjlighet till nyanslutningar i kapacitetsbristområden. Dock uppfattar inte alla elnätsföretag det som en hållbar möjlighet ännu, juridiskt sett, eftersom eventuella tvister troligen skulle utfalla ensidigt till kundens fördel enligt nuvarande utformning av ellagen.
- Det kan vara resurseffektivt att inrätta lokaliseringssignaler i nättariffen och anslutningskostnaden för att på så sätt indikera var ett företag har lätt att etablera sig elsystemmässigt och var det kommer vara mer ansträngt.
- Transmissionsnätets förstärkningar måste gå i takt med ökad vindkraftsproduktion men också med ett ökat elutbyte med EU. Svenska kraftnäts investeringstakt har enligt Riksrevisionen inte varit i proportion till den snabba vindkraftsutbyggnaden, samtidigt som utdelning skett till staten. En mer långsiktig och tydligare samordning kring framtida utbyggnadsbehov behövs.

4.3 Användarflexibilitet och effektivisering

- Minskade effekttoppar kan nås genom effektivisering och genom flexibel användning som att styra mer av elanvändningen till natten. Traditionell energibesparing kan leda till ökad effektanvändning (jämför vattenkokare med vanlig elplatta och värmepump med fjärrvärme), vilket gör att energikartläggningar behöver kompletteras med effektkartläggningar och åtgärder.
- Idag saknas tydliga modeller för hur laddinfrastrukturen lämpligen ansluts till elnäten. Detta innebär betydande osäkerheter i prognoser för framtida effektbehov.
- Framtidsscenarier undviker oftast flexibilitetsfrågan på grund av dess stora osäkerhet och inverkan på scenariernas utfall. Ökad kunskap och erfarenhet kan bidra till att flexibilitet kan inkluderas i större utsträckning vid framtida scenarioarbeten.
- I dagsläget ger inte elpriset tillräcklig styrsignal för anpassning av efterfrågan som gör det lönsamt att flytta elanvändning från höglastperioder till låglastperioder.
- Efterfrågefleksibilitet är en nyckel till en trygg och resurseffektiv elförsörjning. Det kan behövas investeringsstöd och/eller krav på ny reglerteknik för laddinfrastruktur, värmepumpar, datacenter, kyl/frysanläggningar med mera för att minska tröskeln in på flexibilitetsmarknader. Det kan också behövas ändringar i elmarknadsregleringen så att flexibilitet uppmuntras via t.ex. elnätsföretagens intäktsramar så att en samhällsekonomisk

avvägning sker mellan ersättning för flexibel elanvändning och elnätsföretagens investeringar i förstärkta elnät.

- Dagens trend, där fjärrvärme är på tillbakamarsch till förmån för värmepumpar kommer att öka eleffektbehovet vintertid för en sektor som hitintills varit tämligen stabil (bostäder/hushåll) samtidigt som lönsamheten kommer att minska ytterligare för den redan utsatta kraftvärmeproduktionen. För ny bebyggelse har Boverkets byggregler och olika certifieringssystem stor inverkan. Boverkets ändrade byggregler (från den 1 september 2020) kommer att minska fördelarna med värmepumpar på egna fastigheten jämfört med gemensamma system som fjärrvärme (där värmepumparna kan placeras som del av värmeproduktionen liksom spillvärme, kraftvärme osv).
- Energilager kommer spela en stor roll i framtiden men det är ännu oklart var i systemet de gör bäst nytta. Elnätsföretag får inte hålla energilager för annat än driften. För bostäder har batterier än så länge inte varit lönsamt, ens i kombination med solceller och investeringsstöd. Parkerade laddbara bilars batterier kan utgöra en betydande resurs i framtiden för kortare regleringar i elanvändning, så kallad vehicle-to-grid (V2G).
- Effekttariffer för fler kunder än idag kan vara ett sätt att ge en bättre koppling mellan kundens beteende (när de använder energin) och kostnader i elnätet (när effektopparna kommer).

5. Sammanfattande analys

5.1 Vissa akuta situationer har hanterats men långsiktig lösning behövs

- Det är som tidigare nämnts ytterst viktigt att de planerade transmissionsnätförstärkningarna blir klara i enlighet med tidsplanerna.
 - För Uppsalas del handlar det om förstärkningar till år 2023 som tillgängliggör 100 MW men läget kommer ändå vara mycket ansträngt fram till nästa förstärkning 2030, vilket gör behovet stort av användarflexibilitet (till exempel lokala marknadsplatser för effekt) och nya former av avtal, som till exempel villkorade avtal, samt lokal elproduktion som är tillgänglig vintertid.
 - I Stockholm inledde Stockholm Exergi och Ellevio under hösten 2019 ett samarbete som under de kommande 12 åren säkrar tillgången på 320 MW förnybar eleffekt i Stockholm genom ett kraftvärmeverk som byggs om för att drivas med bioolja samt genom reinvesteringar i ett par andra biooljedrivna produktionsanläggningar. När Svenska Kraftnäts planerade åtgärder i Stockholm är klara omkring 2030 förväntas kapaciteten öka med 3 100 MW till totalt 7 000 MW.
 - För Skånes del kan ett ökat effektuttag på närmare 400 MW tillgodoses redan i november 2020 men ytterligare förstärkningar är nödvändiga vilka beräknas vara klara under 2023/2024. Även den kraftigt försenade Sydvästlänken behöver tas i drift (i oktober) för att jämna ut prisbilden mellan elprisområdena. Avvägningar

mellan olika värden och intressen behöver ske och det finns en fortsatt risk för förseningar i många av dessa projekt.

5.2 Elnäten är en möjliggörare för klimatdriven energiomställning

- Dagens energiomställning präglas av en ökad användning av el som ska lösas av ökad andel förnybar elproduktion, medan frågan om överföring tagits för given att den inte utgjort något hinder. Möjligheterna till flexibilitet i användning och produktion behöver också realiseras och ska inte ställas mot en kraftig elnätsutbyggnad, eftersom båda lösningarna behöver samverka.
- Elektrifiering är viktig för transport och industri, men ökad andel uppvärmning med värmepumpar på bekostnad av fjärrvärme minskar möjligheterna till elproduktion från kraftvärme och fjärrvärmenätens möjlighet till spillvärmeomhändertagande.
- Elnätsföretagen har ansvar för att leverera el i enlighet med ingångna avtal. Kunder som ökar sin elanvändning inom sin abonnerade effekt är svåra att få med i elnätsföretagens nätplanering. Lokal elproduktion i form av kraftvärmeverk som med kort varsel läggs ner är ytterligare exempel där nätplaneringen blir svår.

5.3 Regional samverkan som förtydligar elförsörjningens roll i fysisk planering

- Behovet av regional samverkan har lyfts fram i de regionala och lokala dialoger som genomförts för detta regeringsuppdrag. Uppdaterade kommunala energiplaner borde kunna utgöra en god grund för de kommande lokala och regionala nätutvecklingsplanerna. Dagens energiplaner saknar vanligtvis en rumslig dimension och adresserar sällan effektfrågan. Kommunen råder vanligtvis inte över utvecklingen av energisystemen som dock är viktiga planeringsförutsättningar för kommunens samhällsutveckling. Lagstiftningen kring kommunala energiplaner är föråldrad och Energimyndigheten kan behöva ta en mer aktiv roll som tillsynsmyndighet för dessa planer.
- Grunden för regional samordning, till exempel stöd till kommunerna för uppdaterade och mer utvecklade energiplaner kan sägas finnas redan idag genom länsstyrelsernas uppdrag inom energi och klimat samt Regionernas regionala utvecklingsansvar. För Skåne och Stockholm finns dessutom ett regionalt planuppdrag.
- Det finns behov av en regional och troligen även storregional samordning för elförsörjningen där samverkan mellan kommuner, nätbolag och användare kan ske. Arbete med långsiktiga och trovärdiga prognoser skulle kunna vara en lämplig aktivitet för en sådan samverkan då gemensamma prognoser kan ge en bättre helhetsbild av länets framtida effektbehov samt vara till hjälp för lokala och regionala nätutvecklingsplaner.
- Behovet av långsiktiga och trovärdiga prognoser kräver ökad kompetens hos kommuner med flera: planerare, exploatörer, näringslivsutvecklare. Gemensamma sätt att räkna på effektbehov behöver tas fram, till exempel för laddinfrastruktur.

5.4 Incitament och låga trösklar behövs för efterfrågefleksibilitet hos hushåll, service och industri samt för flexibel elproduktion

- Enskilda mindre elanvändare behöver troligen få hjälp av någon form av aggregator för att kunna erbjuda kostnadseffektiv användarfleksibilitet.
- Först när tekniska lösningar för flexibilitet är standard snarare än kostsamma tillägg för elförbrukande utrustning, kommer det att finnas förutsättningar för att aktivera användarfleksibilitet. Investeringsstöd för installation av säkra styr- och regleringslösningar kan minska tröskeln för brett marknadsdeltagande.
- Elnätsbolagens kan behöva ställa krav på viss flexibilitet, både vid anslutning av kunder och vid anslutning av elproducenter som vindkraft och solceller, speciellt i områden med kapacitetsbrist.

BILAGA 1. EXEMPEL PÅ RELEVANTA NATIONELLA UPPDRAG OCH PROJEKT

Energimarknadsinspektionen

- Ei (2019), *Uppdrag att analysera kapacitetsbristen i elnäten*, I2019/02766/E
https://www.ei.se/Documents/Regeringsuppdrag/2019/2019_102775.pdf
- Ei (2020), *Elnätstariffer för ett effektivt nätutnyttjande*, Ei 2020:06
https://www.ei.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter_procent202020/Ei_PM2020_06.pdf
- Ei (2020), *Lokaliseringssignaler i elnätstariffer - Förslag till lagändring*, Ei 2020:03
https://www.ei.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter%202020/Ei_PM2020_03.pdf
- Ei (2020), *Ren energi inom EU – Ett genomförande av fem rättsakter*, Ei R2020:02
https://www.energimarknadsinspektionen.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter_procent202020/Ei_R2020_02.pdf
- Ei (2020), *Ökade incitament för kostnadseffektiva lösningar i elnätsverksamhet*, Ei 2020:01
https://www.ei.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter%202020/Ei_PM2020_01.pdf
- Ei (2020), *Uppdrag om översyn av regelverket för nätavgifter för mindre produktionsanläggningar*, I2020/02095/E
<https://www.regeringen.se/4a3026/contentassets/a7fa522d2d1e4d1d94f5eca15189ad6a/uppdrag-om-oversyn-av-regelverket-for-natavgifter-for-mindre-produktionsanlaggningar>

Kungliga Vetenskapsakademien (IVA)

- IVA (2015), *Scenarier för den framtida elanvändningen – En specialstudie*, Kungliga vetenskapsakademien (IVA), Vägval el
<https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-el/201512-iva-vagvalel-elanvandning-f.pdf>
- IVA (2016a), *Fem vägval för Sverige – Syntesrapport*, Kungliga vetenskapsakademien (IVA), Vägval el
<https://www.iva.se/globalassets/rapporter/vagval-el/201606-iva-vagvalel-slutrapport-j.pdf>
- IVA (2016b), *Framtidens elanvändning – En delrapport*, Kungliga vetenskapsakademien (IVA), Vägval el
<https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-el/vagvalel-framtidens-elanvandning-delrapport.pdf>
- IVA (2016c), *Sveriges framtida elnät – En delrapport*, Kungliga vetenskapsakademien (IVA), Vägval el
<https://www.iva.se/globalassets/rapporter/vagval-energi/vagvalel-sveriges-framtida-elnat.pdf>
- IVA (2016d), *Sveriges framtida elproduktion – En delrapport*, Kungliga vetenskapsakademien (IVA), Vägval el
<https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-el/vagvalel-sveriges-framtida-elproduktion.pdf>
- IVA (2016e), *Svängmassa i elsystemet – En underlagsstudie*, Kungliga vetenskapsakademien (IVA), Vägval el
<https://www.iva.se/globalassets/rapporter/vagval-el/201606-iva-vagvalel-svangmassa-c.pdf>
- IVA (2017), *Leveranssäkerhet inom elförsörjningen – En delrapport*, Kungliga vetenskapsakademien (IVA), Vägval el
<https://www.iva.se/globalassets/bilder/projekt/vagval-el/vagval-el---leveransakerhet-inom-elforsorjningen-id-109763.pdf>

IVA (2019), *Så klarar det svenska energisystemet klimatmålen – En delrapport*, Kungliga vetenskapsakademien (IVA), Vägval för klimatet
<https://www.iva.se/globalassets/bilder/projekt/vagval-klimat/201909-iva-vagval-for-klimatet-delrapport4-i.pdf>

North European Power Perspectives (NEPP)

NEPP (2016), *Reglering av kraftsystemet med ett stort inslag av variabel produktion*, North European Power Perspectives <http://www.nepp.se/etapp1/pdf/reglering.pdf>

NEPP (2018), *Flexibilitet – i en ny tid. Hur mycket ny flexibilitet behövs i det svenska elsystemet i framtiden? Slutrapport*, North European Power Perspectives <http://www.nepp.se/pdf/flexibilitet.pdf>

NEPP (2019), *Energisystemet i en ny tid – resultat och slutsatser i halvtid*, Sammanfattning av halvtidsrapport, North European Power Perspectives http://www.nepp.se/pdf/SF_Halvtidsrapport_mars_2019.pdf

NEPP (2019), *Färdplan fossilfri el – analysunderlag. En analys av scenarier med en kraftigt ökad elanvändning*, North European Power Perspectives
http://www.nepp.se/pdf/energiforetagens_fardplan_fossilfri_el_analysunderlag.pdf

NEPP (2019), *Gas för effektflexibilitet i kraftproduktion – en rapport till Energiforsk*, North European Power Perspectives <http://www.nepp.se/pdf/Gasflex.pdf>

Regeringskansliet/Departementen

Regeringen (2020), *Översyn av relevant lagstiftning för att uppnå Sveriges klimatmål*, Dir. 2019:101, Särskild utredare Anders Danielsson Landshövding Västra Götaland, slutredovisas 15 maj 2022
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/01/anders-danielsson-utredar-om-lagstiftningen-nar-klimatmalet/>

Regeringen (2020), *Nationell plan för moderna miljövillkor*, M2019/01769/Nm
<https://www.havochvatten.se/download/18.1bd43926172bdc4d64881cc0/1593414466212/regeringsbeslut-nationell-plan-moderna-miljovillkor.pdf>

Statens Offentliga Utredningar (SOU)

SOU (2014:84), *Planera för effekt! - Slutbetänkande från Samordningsrådet för smarta elnät*, Fyra delar
<https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2014/12/sou-201484/>

SOU (2018:76), *Mindre aktörer i energilandskapet – förslag med effekt*
<https://www.regeringen.se/4a8d98/contentassets/9973fd9b9ec04964ae2a111bedb35c1b/mindre-aktorer-i-energilandskapet--forslag-med-effekt-sou-201876>

SOU (2019:30), *Moderna tillståndsprocesser för elnät*, Betänkande av Nätkoncessionsutredningen, Statens offentliga utredningar
https://www.regeringen.se/4ada75/contentassets/44f30a8f474440adae314f86d4311f74/sou-2019_30_webb.pdf

Energimyndigheten (STEM)

STEM (2018b), *Kontrollstation för elcertifikatsystemet 2019 – Redovisning av regeringsuppdraget*, ER 2018:25
http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/elcertifikat/er-2018_25webb.pdf

STEM (2018e), *Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem – Delrapport 1: Framtidens elsystem och Sveriges förutsättningar*, ER 2018:16 <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=5741>

STEM (2019a), *100 procent förnybar el – Delrapport 2: Scenarier, vägval och utmaningar*, ER 2019:06 <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=133470>

STEM (2020b) *En studie av elanvändningens utveckling per län till år 2030*, PM Sweco ”Var hamnar den nya elanvändningen?” <https://www.energimyndigheten.se/contentassets/ad60a337c1a74547b0a9438c50dccc4c/en-studie-av-elanvandningens-utveckling-per-lan-till-ar-2030.pdf>

Svenska kraftnät

SvK (2019), *Långsiktig marknadsanalys (LMA) – Långsiktsscenarier för elsystemets utveckling fram till år 2040*, dnr. 2018/2260 <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2019/langsiktig-marknadsanalys-2018.pdf>

SvK (2019), *Systemutvecklingsplan 2020-2029 – en statusuppdatering om läget i kraftsystemet* <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2019/systemutvecklingsplan2020-2029.pdf>

SvK (2020), *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden – Rapport 2020*, dnr. 2020/334 <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2020/kraftbalansen-pa-den-svenska-elmarknaden-rapport-2020.pdf>

Svenskt Näringsliv

Svenskt näringsliv (2019a) *Högre elanvändning år 2045 – Samhällsutvecklingen och klimatomställningen kräver mer el, Kraftsamling elförsörjning* https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/hogre-elanvandning-2045pdf_746597.html/BINARY/H%C3%B6gre%20elanv%C3%A4ndning%202045.pdf

Svenskt näringsliv (2019b), *Elnätsutmaningen*, Rapport från Sweco https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/elnatsutmaningenpdf_749899.html/BINARY/Eln%C3%A4tsutmaningen.pdf

Svenskt näringsliv (2019c), *Klimatneutral konkurrenskraft*, Rapport från Sweco https://www.svensktnaringsliv.se/Bilder_och_dokument/klimatneutral-konkurrenskraft-kvantifiering-av-atgarder-i-klimatf_729540.html/BINARY/Klimatneutral%20konkurrenskraft%20-%20kvantifiering%20av%20%C3%A5tg%C3%A4rder%20i%20klimatf%C3%A4rdplaner.pdf

Svenskt näringsliv (2020a) *Försörjningstrygghet el – 2045, Rapport från ELS Analysis* https://www.svensktnaringsliv.se/migration_catalog/rapporter_och_opinionsmaterial/Rapporter_och_opinionsmaterial/forsorjningstrygghet-el-2045_778320.html/BINARY/F%C3%B6rs%C3%B6rjningstrygghet%20el%20-%202045.pdf

Svenskt näringsliv (2020b), *Energieffektivisering och dess påverkan på elanvändningen*, Rapport från WSP https://www.svensktnaringsliv.se/migration_catalog/rapporter_och_opinionsmaterial/Rapporter_och_opinionsmaterial/energieffektivisering_775873.html/BINARY/Energieffektivisering.pdf

Svenskt näringsliv (2020c), *Lösningar för ökad flexibilitet i elsystemet – Möjligheter och utmaningar*, Rapport från Sweco https://www.svensktnaringsliv.se/migration_catalog/rapporter_och_opinionsmaterial/Rapporter_och_opinionsmaterial/losningar-for-okad-flexibilitet-i-

[elsystemet_776602.html/BINARY/L%C3%B6sningar%20f%C3%B6r%20%C3%B6kad%20flexibilitet%20i%20elsystemet.pdf](https://elsystemet.776602.html/BINARY/L%C3%B6sningar%20f%C3%B6r%20%C3%B6kad%20flexibilitet%20i%20elsystemet.pdf)

Andra aktörer

- Boverket (2020), *Ändringar i Energihushållningsreglerna i BRR*, Boverkets författningssamling BFS 2020:4
<https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/BFS2020-4-BBR-29.pdf>
- Energiföretagen (2019), *Samling för nätkapacitet*, Initiativ och inspel
<https://www.energiforetagen.se/medlemsportalen/listsida/samling-for-natkapacitet/>
- ESO (2020), *Spänning på hög nivå – en ESO-rapport om elnätets roll för säkra elleveranser*, Expertgruppen för Studier i Offentlig ekonomi, 2020:4
https://eso.expertgrupp.se/wp-content/uploads/2019/06/ESO-2020_4-Sp%C3%A4nning-p%C3%A5-h%C3%B6g-niv%C3%A5.pdf
- Miljömålsrådet (2020), *Miljömålsrådets gemensamma åtgärdslista – Årsrapport 2020*, Naturvårdsverket
<http://www.sverigesmiljomal.se/contentassets/f2f66c53f745398381eb7346a215a6/miljomalsradets-atgardslista-2020.pdf>
- Naturvårdsverket (2019b), *Strategi för hållbar vindkraft – Del I Bakgrund, nuläge och utmaningar*, Preliminär
<https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallat/miljoarbete-i-sverige/energi/vindkraft/Nulage-hallbar-vindkraftutbyggnad-20191021.pdf>
- Naturskyddsföreningen (2019), *Fossilfritt, förnybart, flexibelt - Framtidens hållbara energisystem*
https://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/fossilfrittfornybartflexibelt_slutkorrad_rgb.pdf
- Omstartskommissionen (2020), *Idéer för ett starkare Sverige*, Stockholms Handelskammare
<https://www.chamber.se/cldocpart/7284.pdf>
- Sweco (2017), *100 % Förnybart – Rapport till Skellefteå Kraft*
https://www.sweco.se/siteassets/vart-erbjudande/verksamhetsomrade/energi/100_procent_fornybart_2040.pdf
- Sweco (2020), *Kartläggning av hur planerade nätinvesteringar avhjälp kapacitetsbrist i elnätet – En rapport till Energimarknadsinspektionen*
<https://www.ei.se/Documents/Projekt/Kapacitetsuppdraget/200615%20-%20Kartl%c3%a4ggning%20av%20hur%20planerade%20n%c3%a4tinvesteringar%20avhj%c3%a4lper%20kapacitetsbrist%20v%201.0.pdf>
- Swedish smartgrid (2014), *Forum för smarta elnät 2016-2019 – Slutrapport*
http://www.swedishsmartgrid.se/globalassets/publikationer/forumsmartaelnat2016-2019_200124.pdf
- Svensk vindenergi (2019a), *100 procent förnybart 2040 – Vindkraft för klimatnytta och konkurrenskraft, Färdplan 2040*
https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/10/Svensk_Vindenergi_F%C3%84RDPLAN_2040_rev-1.pdf