



LUNDS
UNIVERSITET

Marknadsundersökning av flexibilitet i sydsvenska elnät

Kartläggning av potentialen för efterfrågeflexibilitet hos
industrier samt lokalnätägares inställning för flexibilitetstjänster

Linnea Nilsson

Examensarbete på Civilingenjörsnivå
Institutionen för Energivetenskaper
Lunds Tekniska Högskola | Lunds Universitet



Marknadsundersökning av flexibilitet i sydsvenska elnät

Kartläggning av potentialen för efterfrågeflexibilitet hos
industrier samt lokalnätägares inställning för
flexibilitetstjänster

Linnea Nilsson

Mars 2021, Lund

Föreliggande examensarbete på civilingenjörsnivå har genomförts vid Avd. för Värmeöverföring, Inst för Energivetenskaper, Lunds Universitet - LTH samt vid Vindr AB i Lund.Handledare på Vindr AB: Camilla Andersson; handledare på LU-LTH: universitetslektor Martin Andersson; examinator på LU-LTH: universitetslektor Per-Olof Kallioniemi.

Examensarbete på Civilingenjörsnivå

ISRN LUTMDN/TMHP-21/5465-SE

ISSN 0282-1990

© 2021 Linnea Nilsson samt Energivetenskaper

Värmeöverföring

Institutionen för Energivetenskaper

Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola

Box 118, 221 00 Lund

www.energy.lth.se

Abstract

The recent years Sweden has been a net exporter of electricity, which means that more electricity has been produced than consumed over a year. Despite this, there are problems with power deficit and lack of grid capacity, especially in southern and mid Sweden. Power deficiency arises when the demand for energy cannot be met by available energy. Lack of grid capacity occurs when the physical factors limit the transmission and sufficient power cannot be transferred from the production plant to the point of consumption. Power deficiency will be an increasing problem in Sweden's future. This is partly due to increasing electricity consumption and an increased quantity of renewable and variable electricity production. One solution to avoid such situation is to implement flexibility. More flexible electricity networks can be achieved in different ways and can involve flexible production, demand side flexibility or energy storage. Demand side flexibility is intended to change customers' electricity consumption during shorter or longer periods as a result of some type of incentive. With a heavily loaded network, signals can be sent out to reduce electricity consumption, even out the power curve and avoid power peaks. Customers who adapt their electricity caused by signals or incentives can do so in different ways and thus contribute with different types of demand side flexibility.

The purpose of the study was to conduct a market research on the types of industries that can enable flexible demand. The study also includes an examination of local network companies' attitudes to flexibility services, if network companies have established flexibility services today and if they see it as a long-term part of the electricity system. A literature study was conducted with the aim of examining the need for more flexible electricity network in Sweden with a focus on demand side flexibility. For the collection of primary data, qualitative interviews were conducted. Two actors with great importance for demand flexibility were chosen for the interview, these were local network owners and industries. All interviews were conducted over the telephone with a total of 21 participating local network owners and 19 industrial companies.

The interview study showed few local network owners with established forms of flexibility services. A minority of the participants considered flexibility services to be a long-term solution and part of the future electricity grid to handle power deficit and a larger proportion of intermittent energy sources. These participants considered a long-term and sustainable solution for such problems to be expansion and strengthening of the electricity grid. Among industrial companies, the result of the interview study indicated on potential for industries to contribute with demand side flexibility. Industries in the paper and pulp as well as the iron, steel and metal industries had greater potential to contribute with demand side flexibility as the processes in these industries had the opportunity to be down-regulated within short periods of time or able to move loads between times. Industries in the plastics and chemical sector, with processes running constantly around the clock, had little or no opportunity to contribute with flexibility. The industries whose product cost consisted largely of the electricity price had greater incentives to be flexible with electricity use in order to reduce electricity costs.

There is a lack of information on many aspects of demand side flexibility. Lack of action plans for application and introduction of demand side flexibility and, above all, lack of pricing models. Both industries and local network owners lack knowledge about demand side flexibility and the substantial societal benefit it can contribute to.

Sammanfattning

Sverige har under de senaste åren varit nettoexportörer av el, vilket betyder att det producerats mer el än vad det förbrukats i landet. Trots detta finns det problem med effektbrist och kapacitetsbrist, framför allt i de södra energiområdena SE 3 och SE 4. Effektbrist uppstår då efterfrågan av energi inte kan mötas av tillgänglig energi. Kapacitetsbrist uppstår då de fysiska faktorerna begränsar överföringen och tillräckligt med effekt inte kan överföras från produktionsanläggning till förbrukningspunkt. Effektbrist kommer att vara ett ökande problem i Sveriges framtid. Detta beror dels på ökande elförbrukning samt ökad andel intermittent elproduktion. En lösning för att undvika bristsituationer som effekt- och kapacitetsbrist är implementera flexibilitet. Flexibla elnät kan uppnås på olika vis och kan innebära styrbar elproduktion, efterfrågefleksibilitet eller energilagring. Efterfrågefleksibilitet avser att ändra elkunders elförbrukning under vissa perioder till följd av olika signaler och incitament. Vid ett hårt belastat nät kan signaler skickas ut för att minska elanvändningen, jämna ut effektkurvan och undvika effekttoppar. Elkunder som anpassa elanvändningen utefter signaler kan göra det på olika vis och därmed bidrar med olika typer av efterfrågefleksibilitet. Det kan innebära flytt av last från höglasttimmar till låglasttimmar eller minskning av effektuttag.

Syftet med studien var att utföra en marknadsundersökning kring vilka typer av industrier som kan bidra med efterfrågefleksibilitet. Att analysera och undersöka olika industriers möjlighet till att bidra med efterfrågefleksibilitet. Studien innefattar även undersökning av olika nätbolags inställning till flexibilitetstjänster, ifall nätbolag har etablerade flexibilitetstjänster idag och ifall de ser det som en långsiktig del av elsystemet.

En litteraturstudie utfördes med syfte att undersöka behovet för flexibla elnät med fokus på efterfrågefleksibilitet, vilka förutsättningar som krävs och hur det tillämpas idag. För insamling av primär data utfördes kvalitativa intervjuer. Två aktörer med stor betydelse för efterfrågefleksibilitet valdes för intervju, dessa var lokalnätägare samt industrier. Samtliga intervjuer utfördes över telefon med totalt 21 deltagande lokalnätsägare samt 19 industriföretag. Intervjustudien visade på få lokalnätsägare med etablerade former av flexibilitetstjänster. En minoritet av de intervjuade ansåg flexibilitetstjänster som en långvarig lösning och del av det framtida elnätet för att hantera bristproblem och hantera en större andel intermittenta energikällor. De ansåg att långvarig och hållbar lösning för hantera problem som effekt- och kapacitetsbrist innebär utbyggnad och förstärkning av elnätet.

Bland industriföretagen resulterade intervjustudien i att det finns potential för industrier att bidra med efterfrågefleksibilitet. Industrier inom papper- och massa samt järn-, stål- och metallindustrin hade större potential att bidra med efterfrågefleksibilitet då processerna inom dessa industrier hade möjlighet att nedregleras inom korta tidsperioder alternativt kunde en flytt av last ske obehindrat. Industrier inom plast- och kemiindustrin vars processer körde konstant över dygnet hade lite eller ingen möjlighet att bidra med flexibilitet. De industrier vars produktkostnad utgjordes till stor del av elpriset hade större incitament att vara flexibla med elanvändningen i syfte att sänka elkostnaderna.

Det råder bristande information kring många aspekter av efterfrågefleksibilitet. Bristande handlingsplaner för tillämpning och införande av efterfrågefleksibilitet och framförallt saknad av prismodeller. Både industrier och lokalnätsägare saknar kunskap om efterfrågefleksibilitet och de positiva effekterna det kan bidra med.

Förord

Detta examensarbete har utförts under hösten 2020 och markerar slutet på min tid som student vid Lunds Tekniska Högskola, på civilingenjörsprogrammet Elektroteknik med specialisering mot Energi och Miljö. Arbetet utfördes i samarbete med Vindr AB. Examensarbetet har skrivits på institutionen för energivetenskaper vid Lunds Tekniska Högskola.

Jag vill tacka Martin Andersson och Per-Olof Kallioniemi, handledare respektive examinator på institutionen för energivetenskaper för stöd och värdefulla kommentarer under arbetet.

Tack till alla som medverkade i intervjustudien och som tålmodigt har besvarat frågor. Era svar har varit en viktig del av arbetet.

Stort tack riktas till er på Vindr för ert stöd, uppmuntring och bidrag av idéer under arbetets gång.

Linnea Nilsson

Lund, 2 Februari 2020

Innehållsförteckning

Abstract	1
Sammanfattning	2
Förord	3
1 Inledning	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte	7
1.3 Frågeställning	7
1.4 Avgränsningar	8
1.5 Rapportens disposition	8
2 Teoretisk bakgrund	9
2.1 Det svenska elkraftsystemet	9
2.1.1 Olika bristsituationer	9
2.1.2 Elnätets roll i framtiden	11
2.2 Effekt- och kapacitetsutmaning	13
2.2.1 Effekttutmaningar	14
2.2.2 Kapacitetsutmaningar.....	15
2.2.3 Rapportering från fyra länsstyrelser	15
2.3 Flexibelt elsystem	18
2.3.1 Flexibel produktion	18
2.3.2 Efterfrågefleksibilitet.....	20
2.3.3 Energilager	21
2.4 Den svenska elmarknaden	23
2.4.1 Elmarknadens aktörer för efterfrågefleksibilitet	23
2.4.2 Marknadsplatser för efterfrågefleksibilitet	24
3 Metod	28
3.1 Litteraturstudie	28
3.2 Intervjustudie	28
4 Resultat	30
4.1 Resultat från intervju med nätbolag	30
4.1.1 Få nätägare med etablerade former av flexibilitet.....	31
4.1.2 Eventuella hinder för flexibilitet	33
4.1.3 Flexibilitet som del av framtida elnätet	33
4.1.4 Kan flexibilitetstjänster gynna nätbolagen?.....	34
4.1.5 Begränsningar mot överliggande nät	35
4.1.6 Incitament krävs för ökad flexibilitet.....	35
4.1.7 Ovisshet kring efterfrågefleksibilitet.....	36
4.2 Resultat från intervju med industrier	36
4.2.1 Elprisets påverkan på produktion.....	37
4.2.2 Olika processer med olika möjlighet till efterfrågefleksibilitet.....	38
4.2.3 Elpriset påverkar industriernas produkter olika.....	39
4.2.4 Marginal i produktionskapacitet	39
4.2.5 Efterfrågefleksibilitet kan gynna industrier	39
4.2.6 Hinder för efterfrågefleksibilitet	40
4.2.7 Okunskap om efterfrågefleksibilitet och flexibilitetsmarknader	40
5 Analys	41

6	Diskussion.....	42
6.1	Begränsningar och diskussion av metodval.....	43
6.2	Tankar för fortsatt arbete	43
7	Slutsats	44
8	Referenser	46
Bilaga 1	50
	Intervjuunderlag.....	50
Bilaga 2	51
	Deltagande lokalnät.....	51
Bilaga 3	52
	Deltagande industrier	52

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sverige har under de senaste åren varit nettoexportörer av el, vilket betyder att det producerats mer el än vad det förbrukats i landet. Trots detta finns det problem med effektbrist och kapacitetsbrist, framför allt i södra Sverige. Effektbrist uppstår då efterfrågan av energi inte kan mötas av tillgänglig energi medan kapacitetsbrist innebär svårigheter med att överföra den effekt som finns i systemet till mer avlägsna platser från elsystemet. Anledningen till det är främst de södra delarna av landet som drabbas av effektbrist är för att där finns det ett underskott av producerad el som inte täcker förbrukningen, medan det motsatta gäller i norra Sverige. Effektbrist i de södra regionerna kan till viss del ske till följd av kapacitetsbrist då en del av problemet är begränsning av överföringskapacitet från norr till söder vilket leder till att elbehovet inte kan tillgodoses. 2011 delades landet in i fyra elområden med syfte att skapa incitament till förstärkning av elnätet i de områden det behövs samt incitament för ökad lokal elproduktion. I elområdena varierar elpriset beroende på tillgång och efterfrågan där elpriset generellt är högre i elområde 4 (SE 4) till följd av låg lokal elproduktion samt hög förbrukning, se figur 1.



Figur 1: Karta över de fyra elområdena (Energimarknadsbyrån 2020)

Effektbrist kommer att vara ett ökande problem i Sveriges framtid. Detta beror dels på ökande elförbrukning samt ökad andel intermittent elproduktion. En lösning för att undvika effektbrist är genom att tillämpa flexibilitet. Flexibilitet innebär att aktörer anpassar sin produktion eller förbrukning för att ge ett effektivare elsystem med jämnare effekttoppar. Vid hårt belastat elnät kan kunder minska sin förbrukning och vid låga elpriser, till följd av hög produktion av förnybar energi, kan kunder öka sin förbrukning eller lagra energi.

Ökad produktion av förnybar energi krävs för att Sverige ska nå klimatmålet av att ha 100 procent förnybar elproduktion till år 2040. Vindkraft tillsammans med vattenkraft kan utgöra basen för Sveriges framtida hållbara elproduktion och för att detta ska bli möjligt krävs en ökad installation av vindkraftverk. Eftersom vindkraft är en intermittent energikälla krävs det lösningar som laststyrning för att upprätthålla leveranssäkerhet.

För en framtid med 100 procent förnybar elproduktion är flexibilitet inom kraftsystemet avgörande för att möta alla utmaningar. Ett flexibelt elnät innebär ett elnät som kan anpassas utefter olika behov och situationer. Flexibilitet kan tillämpas på olika vis och kan bidra med effektutjämnning, undvika kapacitetsbrist och effektbrist. Ett jämnare effektuttag bidrar till ett stabilare och robust elsystem. Flexibilitet i elnätet kan kapa effekttopparna och jämna ut nätets belastning vilket kan förhindra kapacitetsbrist och lokal effektbrist. Jämnare effektuttag och belastning kan möjliggöra ökad kapacitet i nätet vilket kan innebära en möjlighet för anslutning av fler elkunder eller anslutning av förnybar energi

Flexibilitet är synonymt med anpassningsförmåga vilket innebär att anpassa sig utefter olika förhållanden och förändringar. I den här rapporten används begreppet flexibilitet för att beskriva olika anpassningsförmågor inom elsystemet utefter efterfrågan och utbud.

1.2 Syfte

Syftet med studien var att utföra en marknadsundersökning kring vilka typer av industrier som kan bidra med efterfrågefleksibilitet. Att analysera och undersöka industriernas möjlighet till att bidra med efterfrågefleksibilitet. Studien innefattar även undersökning av olika nätbolags inställning till flexibilitetstjänster, ifall nätbolag har etablerade flexibilitetstjänster idag och ifall de ser det som en långsiktig del av elsystemet.

1.3 Frågeställning

De frågeställningar som tänkts besvara är:

- Hur flexibla är industrierna, finns möjlighet till framtida laststyrning?
 - Vilka jobbar mot flexibilitet?
 - Vilka kan vara flexibla?
 - Vilka har ett intresse för att vara flexibla?
 - Styr elpriser industriernas produktion?
 - Vilka hinder finns för industrier att vara flexibla?
- Vad är nätägarnas inställning till flexibilitetstjänster?
 - Ser de flexibilitet som en långvarig lösning?

1.4 Avgränsningar

Intervjuer avgränsas till de södra elområdena, SE 3 och SE 4. Detta då rapporteringar kring effekt- och kapacitetsbrist skett i dessa områdena.

Intervjuer avgränsas till elnätbolag samt energikrävande industrier, ingen undersökning om efterflexibilitet hos privata hushåll görs.

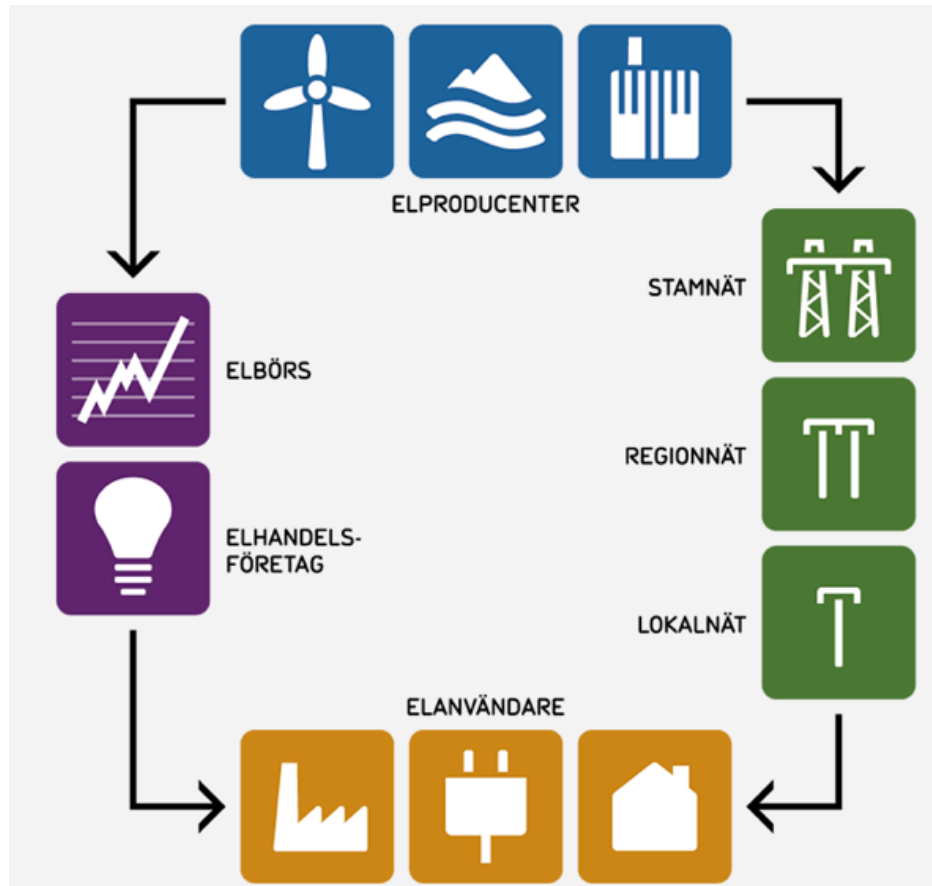
Denna rapport syftar ej till att finna lösning av tillämpning av efterfrågefleksibilitet inom industrin eller finna lösning för hur flexibilitetstjänster kan tillämpas hos nätägare. Denna rapport ämnar endast att undersöka frågan samt analysera situationen.

1.5 Rapportens disposition

Kapitel två ger en bakgrund till det svenska elsystemet med fokus på hur ett mer flexibelt elnät är nödvändigt för framtida elnät. I samma kapitel presenteras även vad flexibilitet innebär, dels för elsystemet och dels för aktörer som nätägare och elkunder. Kapitel tre presenteras val av metod. I kapitel fyra ges resultatet av undersökningen vilket diskuteras samt analyseras i efterföljande kapitel.

2 Teoretisk bakgrund

Som privatperson kan konsumtion av el tas för givet utan någon eftertanke på hur det går till. Ett fungerande och stabilt elsystem är en central punkt i dagens samhälle. I följande kapitel beskrivs den svenska elmarknaden som dels består av den fysiska överföringen från produktionsanläggning till elanvändare och dels består av finansiell elhandel, se figur 2 för illustration.



Figur 2: Illustration över det svenska elsystemet, både det fysiska överföringen och den finansiella handeln (Svenska kraftnät 2020a)

2.1 Det svenska elkraftsystemet

2.1.1 Olika bristsituationer

Detta delkapitel ämnar att klargöra vad de olika bristsituationer som kan uppstå innebär samt redovisa skillnaden mellan dem.

Energibrist

Energi, eller elenergi, måste produceras och förbrukas i samma stund. Vid tal om energibrist syftar det till en tidsperiod, vanligt vis under ett år, då den producerade elen inte räcker till för att möta behovet. Sverige har under de senaste åren varit nettoexportörer av el och därmed inte haft elenergibrist. Under 2018 var nettoexporten drygt 17 TWh vilket var det åttonde året i rad Sverige nettoexporterat el, jämfört med elanvändning inklusive förluster på 141 TWh (Energimyndigheten 2020).

Orsak till elenergi- och elenergi- och elenergi- beror på olika länders förutsättningar samt deras energikällor. År med låg nederbörd och dålig tillrinning till vattenmagasin kan leda till elenergi- och elenergi- då vattenkraftverk inte kan nyttjas fullt ut. Länder som förlitar sin elförsörjning på import kan få elenergi- och elenergi- då det inte kan ske tillräcklig import från grannländer.

Kapacitetsbrist

Överföring av energi från produktion till användare förlitas av ett fungerande elnät med rätt dimensionering. Elnätets kapacitet att överföra el begränsas av fysiska faktorer såsom antal ställverk, antal ledningar och dess tjocklek samt material. Nätets utformning och dimensionering måste vara anpassade för att möta efterfrågan och undvika kapacitetsbrist, vilket gäller från stamnät, till regionnät och ner till lokalnät. Kapacitetsbrist uppstår då de fysiska faktorerna begränsar överföringen och tillräckligt med effekt inte kan överföras från produktionsanläggning till förbrukningspunkt (E.ON 2020a).

För Sveriges del uppstår flaskhalsar i tre snitt till följd av frekvent risk för överbelastning av stamnätet, se figur 3. Trots tillräcklig mängd energi finns det svårigheter att överföra till kunder i vissa områden, det gäller främst till geografiskt avgränsade områden men hög energianvändning som storstäder, serverhallar eller andra förbrukningscentra som elintensiva industrier (Svenska kraftnät 2019). Kapacitetsbrist kan leda till regional effektbrist i de fall ett område som en region är beroende av överföring av el från andra län eller länder för att klara sin effektbalans. Mer om detta i kapitel 2.2.3, där presenterar rapportering från fyra län om deras regionala kapacitets- och effektutmaningar.



Figur 3: Sveriges fyra elområden samt de tre snitt där flaskhalsar frekvent uppstår till följd av kapacitetsbrist (Svenska kraftnät 2019)

Effektbrist

Effektbrist upplevs momentant då det är otillräcklig energi från produktion och/eller import för att täcka energianvändningen vid ett givet tillfälle. Tillskillnad från energi som mäts över en tidsperiod som ett år, mäts effekt i varje ögonblick. Effektbrist kan ske som följd av kapacitetsbrist, vilket är ett aktuellt problem i SE 3 och SE 4 där elnätets överföringsmöjligheter inte räcker till för att förse vissa delar med önskad effekt. I Sverige uppstår risk för effektbrist främst under kalla vinterdagar. Andra faktorer som kan leda till risk för effektbrist är torra år vilket leder till underfyllda vattenmagasin, vindstilla dagar då vindkraftverk inte producerar el, begränsad import av el samt att tillräcklig effekt inte kan tillgodoses från reservkrafter (Ellevio 2019).

2.1.2 Elnätets roll i framtiden

Det pågår en förändring inom energisystemet, såväl energiproduktionen som energiförbrukningen förändras med nya beteenden för nå klimatmål till år 2045 då inga

nettoutsläpp av växthusgaser ska ske. Vägen till en omställning kommer inte vara rak utan bero på många olika faktorer. Att förutse elanvändning 2045 utifrån dagen elproduktion blir lika felaktig som att förutse en framtida elproduktion utifrån dagens elanvändning. Drivkrafter från energimarknader och energikunders efterfrågan kommer styra vilka investeringar som görs inom flexibilitet, elproduktion och elanvändning. Vilket i sin tur är beroende av politiska beslut, styrmedel, regelverk, opinioner samt händelser i omvärlden (Energimyndigheten 2018).

Klimatmål

Regeringen beslutar kring klimatmål vilket påverkar elproduktionen och elanvändningen (Regeringskansliet 2018).

- Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären senast år 2045, beslutat av Sveriges riksdag.
- Målet år 2040 är 100 procent förnybar elproduktion. Detta är ett mål, inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft och innebär inte heller en stängning av kärnkraft med politiska beslut.
- Sverige ska år 2030 ha 50 procent effektivare energianvändning jämfört med 2005. Målet uttrycks i termer av tillförd energi i relation till bruttonationalprodukten (BNP).

Energisystem i förändring

Till år 2045 förväntas många produktionsanläggningar nå sin förväntade livstid, detta gäller såväl kärnkraft som biokraft och vindkraft. Det sker en utfasning av kärnkraftverken dels för att det inte är ekonomiskt hållbart att rusta upp dem och dels för att kärnkraft inte går i hand med klimatmålen. De kärnkraftverk som än är aktiva och de som redan har avvecklats har alla varit placerade i SE 3 och SE 4. Utfasning av kärnkraftverk innebär att SE 3 och SE 4 blir ytterligare beroende av överföringen från norra Sverige samt import från grannländer.

Utöver att nedreglering av kärnkraftverk påverkar årsproduktionen påverkas även andra egenskaper i elsystemet som effekttillgänglighet, svängmassa samt den geografiska placerade elproduktionen. Under de senaste åren har minskade lönsamhet lett till avreglering av kraftvärmeverk vilket ytterligare påverkar storstadsregionerna i SE 3 och SE 4 där de varit installerade. De har bidragit med lokal effekt och vid avveckling krävs ytterligare överföring från transmissionsnät till regionnät för att möta efterfrågan vilket under kort varsel är svårt att uppnå (Svenska kraftnät 2019).

Kärnkraft står idag för ca 40 procent av Sveriges elproduktion och vid avveckling av kärnkraft måste energin ersättas av andra energikällor. Det finns olika scenarion för framtida energimix, det gemensamma för alla scenarion innebär en kraftigt ökad andel vindkraftverk. Troligtvis kommer det även ske en ökad installation av solkraft (Energimyndigheten 2018).

Då intermittenta energikällor som vind- och solkraft inte kan styras utan beror på vädret kommer det uppstå tillfällen när efterfrågan inte kan mötas av produktionen och tillfällen då det produceras ett överskott till följd av låg efterfrågan. Dessa tillfällen kommer typiskt att infalla under kall vinterdag då efterfrågan är hög samtidigt som det är vindstilla och molnigt medan det motsatta sker under solig och blåsig sommardag när efterfrågan är låg. För att hantera de utmaningar som följer intermittenta energikällor krävs ett flexiblare elnät (Nepp 2016).

Ett starkt sammankopplat nät till grannländer med goda överföringsmöjligheter möjliggör import och export av el för att hantera olika situationer. Under kalla vinterdagar med högt effektbehov kan el importeras från grannländer för att täcka behovet och export av el kan ske under blåsiga somrardagar. Enligt rapport av forskningsprojektet Nepp (2018) förväntas antalet timmar där effektmarginalen är små vara mindre än antal timmar med effektöverskott.

Förändring av elanvändning i samhället

Under de senaste 30 åren har elförbrukningen inklusive förluster varit relativt oförändrat och legat kring 140 och 150 TWh per år. Framtidens elanvändning är inte uppenbar men att det kommer ske en ökad energianvändning kan antas med stor sannolikhet. Detta dels genom ökad befolkning och dels genom elektrifiering till följd av klimatneutralitet och resurseffektivitet. Enligt energimyndighetens (2019) olika scenarion av framtida energianvändning innebär alla en ökad energianvändning till ca 160 TWh på 2040-talet. Beroende på olika antagen som gjorts antas energianvändningen variera mellan 142 TWh och 200 TWh under 2040-talet. Beroende på utveckling inom samhället varierar de energianvändningen i de olika scenarion enligt energimyndigheten (2019). Scenariot med högst energianvändning innebär en ökad elektrifiering inom industrin, ökat antal elbilar samt anläggning av fler datacenter.

Urbanisering och befolkningsökning i storstäder leder till koncentrerad elanvändning till vissa delar av landet, vilket ställer krav på överföringskapaciteten. Detta påverkar områden som redan har kapacitetsutmaningar i form av begränsat lokalnät, eller redan maximal överföring mellan nät. Kapacitetsbrist kan i vissa fall leda till lokal effektbrist speciellt i de områdena som är starkt beroende av import från övriga delar av landet samt har lite eller ingen lokal produktion. Lokalnät som inte kan förses med kapacitet riskerar hindra tillväxt av samhällen och industrier (Energimarknadsinspektionen 2020).

Det sker en fortsatt elektrifiering inom industrin för att minska de fossila utsläppen samt uppnå miljömålen. Idag står industrisektorn för ca 20-25 procent av Sveriges utsläpp av växthusgaser. Energieffektivisering inom industrin bidrar till minskade utsläpp, däremot för stora förändringar krävs elektrifiering, byte av fossila bränslen eller lagring av koldioxid (IVA 2016a).

Förändringar av elanvändning inom industrin påverkar framtidens elnät. Användarmönster och den geografiska placeringen av industrier påverkar elnätets utformning. Andra faktorer som påverkar elnätet är urbanisering då lokalnätet blir högre belastade samt elektrifiering av transportsektorn (IVA 2016b). Ökning av prosumenter, dvs en aktör som producerar el för egen konsumtion och för att säljas till andra, ger nya krav på elnätet. Förr har elnätet dimensionerats och utformats för leverans av el i en riktning, med prosumenter måste flödet av elen gå båda vägar.

2.2 Effekt- och kapacitetsutmaning

Ökad risk för effektbrist och fler kapacitetsutmaningar väntas i framtiden. Några av de negativa effekterna som kan komma till följd av detta är förhinder för anslutning av nya etableringar som industrier eller utökning av befintliga industrier och samhällen.

2.2.1 Effektutmaningar

Risken för effektbrist väntas öka inför framtiden. Omfattande effektbristsituationer har än inte uppstått. Allvarliga effektbristsituationer kan leda till manuell frånkoppling i delar av nätet vilket innebär att de områden blir utan el (Energimyndigheten 2020). Detta har inte hänt än då Sverige har haft tillräckliga resurser för att upprätthålla effektbalans, resurser i form av produktion, import och förbrukningsreduktion. Under höglasttimmar kan efterfrågan oftast täckas med import från dagen före-marknaden, vid tillfällen det inte täcker efterfrågan aktiveras effektreserven (Svenska kraftnät 2020b).

Olika analyser har utförts av forskningsprojektet NEPP (North European Energy Perspectives Project) för hur effektutmaningen som följd av nedstängning av kärnkraftverk ska hanteras. Rapporten av NEPP (2018) lyfter att det framtida energisystemet kräver flexibilitet och ställer andra krav på det jämfört med dagens system. Två frågor lyfts som avgörande, ”Vilken typ av flexibilitet behöver vi och var ska den tillföras?”, ”Vilken kombination av resurser är det mest kostnadseffektiva och var ska dessa resurser finnas geografiskt?”.

Följande delkapitel presenterar två effektutmaningar. Den första utmaning gäller topplasttimmar under vintern då förbrukningen är som högst samtidigt som produktionen är låg. Den andra utmaningen gäller motsatta när produktionen är som högst och förbrukningen är låg, uppstår vanligtvis under sommarhalvåret.

Effektutmaning – Förbrukningstopp

Svenska kraftnät rapporterar om risk för effektbrist under vintern 2020/2021. Detta till följd av nedstängning av Ringhals 1 med effekt på 880 MW. I Finland pågår installation av ett nytt kärnkraftverk, Olkiluto med effekt på 1 600 MW, vars produktion kan komma att avlasta effektbehovet i Sverige via import. Dock är installationen försenad och driftsättning antas ske i mars 2021 vilket innebär att Olkiluto inte bidra med effekt till Sverige under kommande vinter (Svenska kraftnät 2020b).

Svenska kraftnäts (2020b) långsiktiga scenario inkluderar avveckling av kärnkraftverk samt utbyggnad av förnybar energi. Utbyggnad antas vara ca 12 TWh vindkraft under 2019-2030, ytterligare 40 TWh vindkraft under 2030-2040 samt 7 TWh solkraft till år 2040. Trots kraftig utbyggnad av vindkraftverk kan det inte bidra till effektbalansen under årets kallaste då produktionen inte är planerbar och kan därmed inte bidra med samma tillgänglighet som den kärnkraft som avvecklas.

Nedläggning av planerbar elproduktion samt ökning av intermittenta energikällor leder till ett svårplanerat system med osäkra driftprognoser samt ökad risk för effektbrist. Installationer av kärnkraft och kraftvärmeverk finns i huvudsak i SE 3 och SE 4 och avveckling av dessa verk leder till högre risk för effektbrist då effektunderskott redan råder under topplasttimmen. Överföring och import från angränsande regioner och länder kan förebygga effektbrist. Enligt ett referensscenario utfört av Svenska kraftnät (2019) uppskattar ett effektunderskott på 11 500 MW under 2040. För att täcka detta kan olika åtgärder vidtas. Ett av de åtgärderna är import från utlandet. Den totala importkapaciteten antas uppnå 12 000 MW, där antagandet inkluderar upprustning av befintliga förbindelser samt nya investeringar tas i bruk. För att täcka effektbehovet under topplastimme innebär det dels en hög andel av importkapaciteten behöver utnyttjas och dels att grannländer har möjlighet att exportera den mängden effekt. Det är troligt att det råder effektunderskott i flera länder samtaget som Sverige, vilket innebär att

endast förlita på import för att täcka effektbehovet är inte möjligt. Ytterligare resurser krävs för att hantera framtida effektbehov.

Effektutmaning – Effektöverskott

Det motsatta sker under perioder med låg förbrukning samt hög produktion, vilket vanligen infaller under sommarhalvåret. Då är produktionen från sol- och vindkraft som högst samtidigt som elförbrukningen är låg. Det kan leda till noll eller negativa elpriser. En möjlighet till hantering av effektöverskott är att lagra energin för att utnyttjas vid behov. Energilagring är ett ämne som det sker mycket forskning kring då dess egenskaper är viktiga för framtida elsystem men som inte är fullt etablerat i än i dagens samhälle (NEPP 2018).

2.2.2 Kapacitetsutmaningar

Som nämnts tidigare uppstår risk för effektbrist i SE 3 och SE 4 dels till följd av kapacitetsbrist. Att bygga ut och förstärka nätet kan antas vara en enkel lösning till problemet. Utbyggnad och förstärkning av elnätet är dock tidskrävande och kostsam process. För att täcka de problem som antas uppstå runt 2040 räcker tiden inte till för att bygga ut nätet. Ett exempel är utbyggnaden av stamnätet med syfte att förstärka överföringskapaciteten, från Hallsberg i Närke till Hörby i Skåne, förbi flaskhalsen mellan SE 3 och SE 4. Behovet av denna länk, kallad Sydvästlänken, är stort då ökad överföringskapacitet till SE 4 är nödvändigt för att möta förbrukningen (Svenska kraftnät 2020c). Dock har drifttagning av länken framskjutits många gånger om. Med primär plan av drifttagning i mitten av 2016 är den senaste uppdateringen att drifttagning ska ske i början av 2021, vilket återstår att se.

Att dimensionera nätet korrekt är viktigt, det är inte hållbart att dimensionera nät för högsta effekttopp. Det är både dyrt och resurskrävande med ett nät som för majoriteten av tiden inte är fullt utnyttjat. Dessutom tillåter ellagen inte utbyggnad av nät till följd av spekulation av ett framtida behov (E.ON 2020b). Detta då det inte är hållbart ur ett samhällsekonomiskt perspektiv att överdimensionera kapaciteten där ledningar inte utnyttjas fullt ut.

2.2.3 Rapportering från fyra länsstyrelser

I oktober 2019 gav regeringen fyra länsstyrelser uppdrag att undersöka dagens och framtidens effektsituation, både lokalt och regionalt, i vardera län. Uppdraget med namnet *Trygg elförsörjning* gick ut till Stockholm, Uppsala, Västra Götaland samt Skåne län och utfördes i samverkan med Energimarknadsinspektionen (Regeringskansliet 2019). I uppdraget analyserades elförsörjningen för olika tidsspann. En analys utfördes för nuläget, för 10-15 år då många planerade stamnätsförstärkningar förväntas vara genomförda samt för 20-25 år då klimatmålen ska vara uppfyllda.

För att säkerställa en omställning till ett samhälle med inga netto utsläpp av växthusgaser och säkerställa regional utveckling är en trygg elförsörjning en viktig förutsättning. I september 2020 presenterades samtliga rapporter till uppdraget.

Länsstyrelsen Stockholm

I Stockholms län rapporteras att den regionala utvecklingen påverkas till följd av kapacitetsbrist. Redan idag identifierar de begränsningar av nyproduktion samt expansion av befintliga verksamheter. Utbyggnader av elnätet förväntas ta för lång tid för att möta de behoven som finns redan idag. Prognoser för framtida effektbehovet för Stockholms län har

bedömts av Energimyndigheten medan en grundlig genomgång av tillkommande effektbehov i länet inte har varit genomförbart till följd av sekretess.

I rapporten nämns bland annat att olika nätbolags abonnemang överskridits vid flera tillfällen, bostadsprojekt och andra projekt har nekats eller skjutits fram till följd av begränsningar i transmissionsnäten och de regionala distributionsnäten. Med ökande tillväxt samt ökande elbehov till följd av elektrifiering, ökande antal värmepumpar, anläggning av datahallar med mera förväntas elförsörjningssituationen förvärras och risken för effektbrist under kalla vinterdagar öka (Länsstyrelsen Stockholm 2020).

Sammanfattningsvis bedömer Stockholms län tre områden som bör prioriteras för en säkrare elförsörjning i framtiden och undanröja identifierade problem och risker:

- Utbyggnad och förstärkning av elnät.
- Ökad lokal förnybar elproduktion.
- Metoder och tekniker bör utvecklas för flexibel elanvändning och energilagring.

Länsstyrelsen Uppsala län

Uppsala län rapporterar många problem till följd av kapacitetsbrist. Under flera delar av året överskreds elnätets kapacitetstak och deras begäran att få ökat effektuttag från Svenska kraftnät har inte kunnat beviljas och inte heller verkställas förrän om flera år.

Många problem identifieras i samband med att samhället elektrifieras. Ett exempel på befintlig verksamhet som hämmas till följd av kapacitetsbrist är elektrifiering av bussar. Uppsala har som plan att införa elbussar för att bli klimatsmartare. Att nå en helt elektrifierad stadstrafik med elbussar är inte möjligt i dagsläget då den önskade anslutning för bussarnas uppladdning ej kan mötas till följd av kapacitetsbrist. Andra områden som drabbas är effektkrävande verksamheter som datacenter vilka i dagsläget inte kan anläggas samt tillväxten hämmas både för bostadsområden som industrier som inte kan utökas (Länsstyrelsen Uppsala län 2020).

Länsstyrelsen Västra Götaland

Västra Götalands län konkluderade att deras effekt- och kapacitets behov inte utgör ett kritiskt problem i dagsläget. Deras elförsörjningssituation är inte lika krävande som för de andra län. Däremot förväntar de sig ett ökat effektbehov längre fram vilket kan leda till bristsituationer och utmaningar för elnätet. Västra Götalands industri består delvis av raffinaderier och tung petrokemisk industri, vilket skiljer dem från övriga län. Beroende på dessa industriers framtida val kommer elbehovet i länen att variera. Enligt rapporten kan industrins effektbehov öka med 25 procent till år 2030 och med 65 procent till år 2045 jämfört med 2019. Dock kan det ske ännu högre effektbehov i det scenariot att länets industrier med högst koldioxidutsläpp väljer att elektrifieras. I det scenariot kan effektbehovet öka med 125 procent till år 2030 och 450 procent till år 2045 jämfört med 2019.

Inför den förväntade framtida effektökning till följd av elektrifiering, tillväxt, etablering av nya industrier och datacenter kan väntas svårigheter med att tillgodose alla sektorer med önskad effekt. Svårigheterna återfinns i kapacitetsbegränsning samt nätets utformning. Rapporten belyser vikt i god kommunikation mellan aktörer samt regional samordning för frågor kring effekt- och kapacitetsbrist. Detta för en god framförhållning och planering för att möta framtidens effektbehov och genom att tidigt belysa viktiga frågor kan tillståndsprocesser

effektiviseras. Rapporten beskriver svårigheter med kartläggning av effektsituationen samtidigt som det poängteras att det behöver ske kontinuerliga analyser av effektbehovet för nutid och framtida behov (Länsstyrelsen Västra Götaland 2020).

Länsstyrelsen Skåne

Skåne län rapporterar en mer akut bild av effektbrist än de andra län. Sedan nedläggningen av Barsebäcks två kärnkraftreaktorer, på vardera 600 MW, har Skåne varit beroende av import av el som produceras utanför regionen. Den produktion som finns i Skåne består av vindkraftverk och mindre kraftvärmeverk vilket inte räcker till för att möta effektbehovet. Den lokala produktionen tillför 3 TWh medan användningen uppnår 13 TWh. Det stora importberoendet ställer krav på tillförlitlig och tillräcklig överföringskapacitet från övriga landet samt grannländer. Anläggning av Sydvästlänken är efterlängtat och nödvändig för Skånes effektbehov. Men utbyggnaden av stamnätet förses Skåne med ytterligare 1200 MW vilket motsvarar bortfallet av effekt från Barsebäck.

Effekt- och kapacitetsbristen i länet har resulterat i begränsade möjligheter för industrier, företag och kommuner att växa. 2018 blev det år då effekt- och kapacitetsbristen blev ett faktum i länet och de kommande åren återkom dessa bristsituationer. Rapporten lyfter möjliga lösningar för att hantera dagens och framtidens effektutmaningar. Dessa lösningar ligger i förstärkning av överföringskapacitet och ökad form av flexibilitet, det innebär energilagring, flexibel produktion samt efterfrågefleksibilitet. Den effekt dessa lösningar kan bidra med innebär ett effektivare utnyttjande av nätets kapacitet, jämnare effektuttag och balanserad effekttillförsel. Slutligen återfinns en lösning till att minska importberoendet genom ökning av den lokala och regionala elproduktionen (Länsstyrelsen Skåne 2020).

Sammanfattning av uppdraget Trygg elförsörjning

Gemensamt för länen är antingen en befintlig bristsituation eller en prognos för kommande bristsituationer då länen förväntas drabbas av kapacitet- eller effektbrist. Bristituationerna påverkar tillväxten av samhällena, utökning eller etablering av industrier hämmas. Utökning och förstärkning av nät för att höja överföringskapaciteten är en lösning till bristsituationerna. Problemet är att utbyggnad och förstärkning av nät är en långvarig process vars tidsspann inte löser de problem som redan uppstår i dag. En kortare process med stor inverkan är att tillämpa flexibilitet. Vid tillämpning av efterfrågefleksibilitet kan elkunder på olika vis ändra sitt förbrukningsmönster för att frigöra kapacitet i nätet och därmed undvika bristsituationer som effekt- och kapacitetsbrist.

Regeringsuppdraget har lett till att regionala och lokala samtal belyst vikten och behovet av regional samverkan. En regional samordning där elförsörjningens roll förtydligas samt dialog mellan alla aktörer bör ske för en bättre helhetsbild för det framtida effektbehovet.

Ytterligare belyses vikten av ett flexibelt elnät. Vid energiomställningen som sker har frågan om överföringskapacitet förbisett och fokus finns i ökad andel förnybar energiproduktion. Förverkligande av energiomställning kräver överföringskapacitet i samverkan med flexibel elanvändning och energilagring. För realisering och införande av flexibilitet krävs låga trösklar och incitament.

2.3 Flexibelt elsystem

Ett flexibelt elsystem behövs för att bidra till balansering av produktion och förbrukning mellan olika årstider, dag och natt ner till hundradelssekunder. Obalans mellan produktion och förbrukning kan ske till följd felaktiga prognoser eller av störningar (Svenska kraftnät 2015).

Flexibelt elsystem är ett brett och diffust samlingsbegrepp på en rad olika lösningar, behov och åtgärder, allt för att reglera och skapa flexibilitet i elsystemet. Flexibilitet i elsystemet är inget entydigt begrepp eller lösning och det finns inte heller något mått för mängd eller typ av flexibilitet i elsystemet. Innebörden av flexibilitet i elsystemet innefattar leveranssäkerhet, att bibehålla effektbalans och att belastningen i elnätet ska kunna hanteras (NEPP 2018). Hur det ska gå tillväga och vad det ska kosta finns det inget direkt svar på men att behovet finns är det inget tvivel om.

Ökad produktion av förnybar energi krävs för att Sverige ska nå klimatmålet av att ha 100 procent förnybar elproduktion till år 2040. Vindkraft tillsammans med vattenkraft kan utgöra basen för Sveriges framtida hållbara elproduktion och för att detta ska bli möjligt krävs en ökad installation av vindkraftverk (Energimyndigheten 2018). Sol- och vindkraft ger en oplanerbar elproduktion som varierar både över säsong och dag. Ökad andel intermittenta energikällor ställer högre krav på flexibiliteten i elsystem för att klara av variabiliteten. Denna flexibilitet kan finnas i olika områden som elproduktion, i nätet, vid förbrukning och energilager. Olika former av flexibilitet i elsystemet kan grovt delas in i tre kategorier: flexibel produktion, efterfrågefleksibilitet och energilager. I följande delkapitel beskrivs innebörden av de olika kategorierna samt hur de kan tillämpas.

2.3.1 Flexibel produktion

Syftet med reglerbar elproduktion är att anpassa produktionen utefter behovet. Flexibel och reglerbar elproduktion behövs dels för att anpassa produktionen till variationerna av förbrukningen över året och dels för att komplettera intermittenta energikällor. Följande delkapitel ger en inblick i hur olika energikällor kan bidra med flexibilitet i elsystemet.

Vattenkraft

Vattenkraft kan regleras för att bidra med balans i kraftsystemet utefter efterfrågans varians på alla tidshorisonter, mellan olika årstider, från dag till dag och ner till sekundsnabbt. Elproduktionen styrs genom att reglera mängd vatten som flödar genom en vattenturbin som driver en generator varpå el produceras. Tack vare vattenmagasin, som verkar som energilager, kan vattenkraft regleras utefter behovet och säkerställa att effekt finns tillgänglig när den behövs. I Sverige är det främst vattenkraft som reglerar elbasen vilket minskar behovet av annan reglerbar kraft i systemet.

Primärreglering är kraftstationer, främst vattenkraft, som automatiskt regleras för att stabilisera en frekvensavvikelse från 50Hz. De aktiveras automatiskt för att säkerställa att frekvenser aldrig understiger 49,9Hz eller överstiger 50,1Hz. Den automatiska regleringen kan stötta avvikelsen inom tidsspannet sekunder till minuter (Svenska kraftnät 2017).

Kärnkraft

I Sverige utgör kärnkraften en baskraft i kraftsystemet vars produktionen idag inte regleras för att anpassa efterfrågan under kortare tidshorisonter. Under 80- och 90-talet utnyttjades kärnkraften för korttidsreglering vilket innebar en minskad produktion under nätter och helger. Idag bidrar kärnkraften i Sverige till säsongreglering med en minskad produktion under sommarperioden, då efterfrågan är som lägst, och en högre produktion under vinterperioden (Svenska kraftnät 2015).

Även om kärnkraftverk är tekniskt komplexa system kan de användas för flexibel elproduktion även under kortare tidshorisonter. Det finns inga tekniska hinder utan anledningen till att de flesta länder använder kärnkraft som baskraft är till följd av höga investeringskostnader och låga bränslekostnader. För länder med hög andel elproduktion från kärnkraftverk kan det vara önskvärt att reglera produktionen utefter elförbrukningen. Det land med högst andel elproduktion från kärnkraft är Frankrike och där används kärnkraft för flexibel produktion som följer efterfrågan. De utnyttjar dels kärnkraften för lastföljning, dvs nedreglering av effekt under nätter och helger då förbrukningen är lägre, och dels för primärreglering för att hantera snabba förändringar i elnätet (Elforsk 2011). Kärnkraftens flexibilitet utnyttjas inte i de nordiska länderna till följd av vattenkraftens billiga och enkla effekterreglering.

Gasturbiner

De karakteriserande dragen för gasturbiner är de låga investerings- och driftkostnader samt att de är snabba vid uppstart och avstängning. Uppstart av gasturbiner kan ske mellan 2-30 minuter beroende på storlek och utförande (Svenskt näringsliv 2020). Den rörliga kostnaden är däremot relativt hög för gasturbiner, till följd av låg verkningsgrad och kostsamma bränslen, därmed lämpas gasturbiner bäst som spetsförsörjning i det svenska elsystemet idag.

För framtida scenarion kan gasturbiner komma att spela en viktig roll för effektbalansen. Dels kan de täcka elproduktionen vid avveckling av kärnkraftverk och dels kan de tänkas ersätta oljeeldade kondenskraftverk i effektreserven (Svenskt näringsliv 2020). I närtid har gasturbiner möjlighet att bidra till lokal elproduktion och därmed minska flaskhalsar i lokalnätet.

Vindkraft

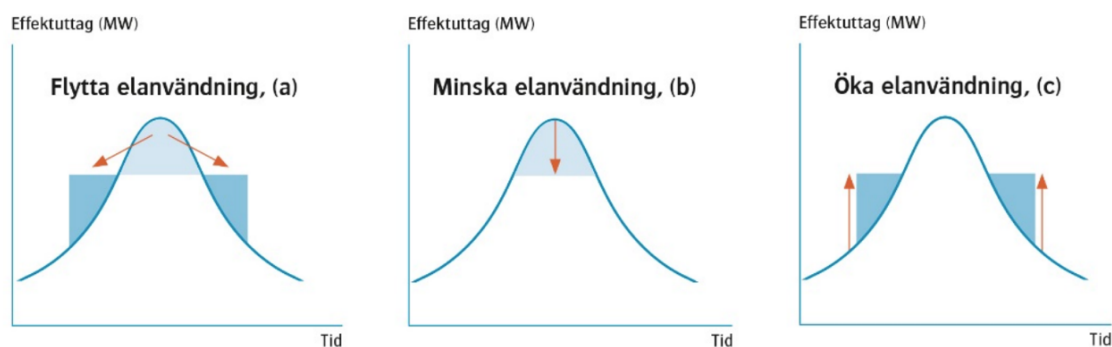
Den ökande andelen intermittenta energikällor som vindkraft är stor del av orsaken till behov för mer flexibilitet i energisystem. Trots detta kan de bidra med en del flexibilitet. Vindkraftverk kan endast producera el under vissa vindförhållanden vilket leder till ett lågt effektvärde relativt installerad effekt. Detta gör att det är svårt att reglera en ökad produktion av el från vindkraftverk medan en nedreglering kan ske snabbt under förutsättningarna att det blåser. All form av reglering från vindkraft är dock under förutsättning att det blåser och de är i drift (IVA 2016c). Reglering av elproduktion kan göras genom att vrida bladen mer eller mindre mot vinden och därmed generera mer eller mindre energi. Det är möjligt att öka produktionen från vindkraftverk under förutsättningarna att bladen inte är vinklade fullt mot vinden. Dock betyder det att vindkraft aldrig körs på maximal kapacitet för att möjliggöra uppregering.

Det största hindret för att vindkraftverk ska kunna bidra med reglerbar produktion är tillgången på vind. Osäkerheten som tillkommer vid väderberoende energikällor gör det svårt att anpassa produktion utefter behovet (Svenska kraftnät 2015).

2.3.2 Efterfrågefleksibilitet

Begreppet efterfrågefleksibilitet har varierande definition, energimarknadsinspektionen (2016b) valde att definiera efterfrågefleksibilitet som ”en frivillig ändring av efterfrågad elektricitet från elnätet under kortare eller längre perioder till följd av någon typ av incitament”. Det som skiljer detta begreppet från andra är betoningen på elkunders vilja att anpassa sin förbrukning utefter *efterfrågad elektricitet från elnätet*, tillskillnad från andra begrepp som syftar till elkunders ändrade förbrukning. En ändrad förbrukning tar inte hänsyn till om elkunderna har egen elproduktion eller lagring. Därför betonar energimarknadsinspektionen viljan att ändra förbrukningen och därmed uttaget från elnätet till följd av olika signaler.

Efterfrågefleksibilitet avser att ändra elkunders elförbrukning under vissa perioder till följd av olika signaler och incitament. Elkunder som förmår bidra med efterfrågefleksibilitet varierar allt från mindre hushåll upp till stora industrier. Vid ett hårt belastat nät kan signaler skickas ut för att minska elanvändningen, jämma ut effektkurvan och undvika effekttoppar. Elkunder som anpassa elanvändningen utefter signaler kan göra det på olika vis och därmed bidrar med olika typer av efterfrågefleksibilitet vilket illustreras i figur 4.



Figur 4: Olika typer av efterfrågefleksibilitet (Energimarknadsinspektionen 2016b)

Flytt av elanvändning

En del aktiviteter som inte kan avstås ifrån kan däremot förflyttas från höglasttimmarna till låglasttimmarna och därmed sker förbrukning vid ett tillfälle som minskar belastningen på elnätet och frigör kapacitet, se figur 4(a).

För hushåll är uppladdning av elfordon och uppvärmning av hem exempel på sådana aktiviteter. Eluppvärmda hem, exempelvis från värmepumpar, har möjlighet att automatiskt styras för att förflytta uppvärmningstillfället till innan och efter en effekttopp utan att det påverkar komforten. Denna form av laststyrning hos hushåll har störst potential att bidra med effektreduktion under vintern då uppvärmning är som högst och uppskattas att kunna bidra med 5 500MW. Under sommaren uppskattas potentialen för effektreduktion att vara betydligt lägre, omkring 1 500MW (Energimarknadsinspektionen 2016b). Laststyrning av denna form är beroende av utomhustemperaturen eftersom det är faktorn som styr behovet av uppvärmning. Liksom uppvärmning av hem kan eldrivna fordon i hem antas laststyras i framtiden. En uppladdning kan till följd av olika signaler förflyttas för att minska

belastningen av elnätet. Laststyrning av både uppvärmning av hem och laddning av elbilar har potential att avlasta lokalnät för att undvika flaskhalsar och kapacitetsbrist.

Potential av flytt av elanvändning inom industrisektorn skiljs åt mellan de olika typerna av industrier beroende på respektives processer. Eldrivna processer inom industrisektorn med olika förutsättningar har olika möjligheter till flytt av last. Processer som drivs kontinuerligt över dygnet har mindre potential till flytt av last än processer som körs sporadiskt under kortare perioder av dygnet.

Minskad elanvändning

Elkunder som kan minska på elanvändningen under höglasttimmar kan göra detta temporärt med eller utan kompensation. Då en minskning av elanvändningen sker utan kompensation är det oftast till följd av höga prissignaler. Detta påverkar främst elintensiva industrier vars förbrukning/produktion/varor inte blir gynnsamma vid höga elpriser och därför väljer att minska elanvändningen tillfälligt tills elpriset åter är på en rimlig nivå. Minskad elanvändning kan även tillämpas hos hushållskunder som byter uppvärmningsform till icke eldriven under höga elpriser (Energimarknasinspektionen 2016b).

Ökad elanvändning

Kunder som har möjlighet att använda olika bränslen för uppvärmning kan bidra med ökad elanvändning under låglasttimmar. Det kan vara kunder som utnyttjar låga elpriser genom att byta uppvärmningsform till eldriven uppvärmning. Industrier med möjlighet att öka effektuttaget under vissa tidpunkter kan då bidra till effektutjämnning av elnätet (Energimarknadsinspektionen 2016b).

2.3.3 Energilager

I takt med ökad andel icke planerbal elproduktion ökar behovet av att lagra elenergi. Syftet är att vid hög produktion och låg förbrukning lagra energin för att utnyttjas när det finns behov. Idag är etablering av energilager relativt begränsad trots att vissa tekniker, som pumpkraft och tryckluft, utvecklades redan på 1970-talet. Olika sorters lagringstekniker kan tillämpas beroende på typ av elproduktion samt för vilket behov de ska fylla.

Pumpkraft

Pumpkraft är en form av mekanisk lagring som pumpar upp vattnet till en högre punkt där det samlas i en reservoar och utnyttjar sedan den tillförda lägesenergin genom att låta vattnet falla genom en turbin för att generera el, som vid ett vanligt vattenkraftverk. Energin det krävs för att pumpa upp vattnet kan utnyttjas vid överskott av energi för att sedan tillföra energi till elkraftsystemet när det behövs. Pumpkraftverk har hög effektivitet med korta responstider (IVA 2015). När vattnet väl har pumpats upp till reservoarer är dess likheter många med vattenkraftverk.

Pumpkraftverk är den dominerande formen av energilagring i världen. De positiva aspekterna med pumpkraftverk är i likhet med vattenkraft den korta responstiden, vilket kan utnyttjas för spännings- och frekvensreglering, samt att den lagrade energin i form av vatten kan lagras under långa tidsperioder. Nackdelen är att pumpkraftverken kräver av stora höjdskillnader, som berg eller fjäll, vilket begränsar möjligheterna för installation. Förutom geografiska

begränsningar innebär en installation även stora ingrepp i naturen vilket kan rubba och förstöra närmiljön (IVA 2015).

Batterilager

Efterfrågan av batterier till olika applikationer har lett till ökade produktionsvolymerna parallellt som forskning och utveckling kring batterier lett till reducerade priser, främst för litium-jonbatteri. Energilagring i batteri kan bidra med flexibilitet under ett eller några få dygn. På kort sikt har denna lagringsform störst potential att installeras i hushåll i samband med solceller. Batterilager kan då bidra med utjämning av effektuttaget från hushåll samt öka förbrukningen av mikroproduktion. Den energi som inte förbrukas direkt av solcellerna kan lagras i batteri för att förbrukas vid ett senare tillfälle, antingen för att gynna privat ekonomi eller för att bidra med effektutjämning (Energimarknadsinspektionen 2016b). På längre sikt har batterilager även potential att användas för storskaliga applikationer. För solcells- och vindkraftparker kan batterilager installeras för att undvika nedreglering, minska toppeffekten eller jämna ut elproduktionen.

Litium-jonbatterier är idag den mest attraktiva typen av batteri tack vare dess egenskaper och används i en rad olika applikationer. Egenskaperna som gör att litium-jonbatteri står ut jämfört med andra batterier är hög verkningsgrad, energidensitet, urladdningshastighet samt att de är uppladdningsbara (IVA 2015). Nackdelar med litium-jonbatteri är energikrävande tillverkning samt att de kräver hög säkerhet då det finns risk för överhettning vilket kan leda till att de börjar brinna. Utsläppen av växthusgaser till följd av tillverkning av batterier beror på vart de tillverkas och vilken energimix som används. Utöver att litium-jonbatterier innehåller litium, som är en kritisk metall, finns det ingen kommersialiserad metod för att utvinna litium ur batterierna för återvinning (Energimarknadsinspektionen 2018).

2.4 Den svenska elmarknaden

Sedan 1990-talet ingår Sverige i den nordiska elmarknaden, elbörsen Nord Pool, där elhandel skapar konkurrenskraft med syfte att hålla elpris lågt. Elmarknaden innefattar olika marknadsplatser där handel av el utförs. Dessa marknadsplatser är dagen före-marknaden, intramarknaden och balansmarknaden (Energimarknadsinspektionen 2016b).

Spotpriset är det elpris som bestäms för nästkommande dag vilket återfinns på dagen före-marknaden. På denna marknadsplats upphandlar elhandlare el från producenter. I Sverige betalas producenter endast för levererad el och inte för den möjliga effekten de kan erbjuda, vilket benämns energy only marknad. På intramarknaden finns möjlighet till att balansera och justera tidigare upphandlad el vilket kan ske till följd av felaktiga prognoser. Tillskillnad från dagen före-marknaden där handel utförs, som namnet tyder på, till nästkommande dag kan handel på intramarknaden ske fram till en timme före leverans. Upprätthållning av kraftbalansen inom drifttimmen sköts av Svenska kraftnät via handel med manuella och automatiska reserver på balansmarknaden (Energimarknadsinspektionen 2016b).

2.4.1 Elmarknadens aktörer för efterfrågefleksibilitet

Flera olika aktörer med betydelsefulla roller är inblandade vid möjliggörande av flexibilitet i elsystemet. Följande delkapitel presenterar dessa aktörer samt deras roller och betydelse för efterfrågefleksibilitet.

Nätägare

Ägare med ansvar av elnätet inom ett visst geografiskt område benämns nätägare eller elnätsägare. Nätägare har ensamrätt av överföring av el inom sitt område och utgörs av ca 174 företag. De tre övergripande obligationerna för nätägare innefattar nät drift, nätutbyggnad samt mätning.

Genom effekttariff, laststyrning, medverkan i flexibilitetsmarknader eller andra medel kan nätägare stimulera en flexibel elanvändning. Via effekttariff betalar elkunder för den faktiska elanvändningen och kunden kan i större utsträckning påverka sin faktura (Energimarknadsinspektionen 2016b). Ett annat sätt att optimera utnyttjandet av nätet är via laststyrning, då nätägare styr delar av kundens last.

Elhandlare

Handel av el går via elhandlare. De köper el från elproducenter och skapar elavtal med elkunder där priset inkluderar balansansvar, skatter, prissäkringar och det rena elpriset. Handel av el görs via marknadsplatser som NordPool.

Genom att erbjuda avtalsformer av olika slag, som timprisavtal, kan elhandlare skapa intresse för elkunder att besvara prissignaler från marknaden och därmed bidra till efterfrågefleksibilitet (Energimarknadsinspektionen 2016b).

Elkunder

Elkunder inkluderar samtliga aktörer som köper el, dvs allt från privatpersoner till elintensiva industrier. Som elkund krävs avtal med två parter, ett med elhandelsföretag och ett med elnätsföretag. Elkunder väljer själva elhandelsföretag och typ av elavtal medan den geografiska positionen avgör elnätsföretag.

Svenska kraftnät

På uppdrag av regeringen ansvarar Svenska kraftnät för stamnätet. Detta ansvar inkluderar underhållning och utveckling av stamnätet. Som systemoperatör ansvarar de ansvarar för konstant balans mellan produktion och förbrukning av el. Deras ansvar för effektreserven, störningsreserven och andra stödtjänster gör dem till en aktör med stor betydelse för möjliggöra efterfrågefleksibilitet (Svenska kraftnät 2019).

Producenter

De som producerar och säljer el till marknaden kan vara allt från stora energiföretag ner till mikroproducenter. Förekomst av kunder med mikroproduktion blir allt vanligare vilket ställer nya krav på elnätet. Mikroproducenter är de som säljer el från småskaliga verk som exempelvis sol- eller vindkraft. Producenter kan bidra till flexibilitet i elnätet via styrning av elproduktion utefter olika signaler.

Balansansvarig

Elleverantörer har skyldighet att leverera den mängd el som elkunderna förbrukar. Detta balansansvar kan elleverantörer själva stå för eller anlita en balansansvarig aktör. Balansansvariga måste teckna avtal med Svenska kraftnät vilka har skyldighet att upprätta momentan balans i elsystemet (Svenska kraftnät 2016).

Aggregator

En marknadsaktör som kombinerar ett flertal elkunders förbrukning eller produktion för handel på organiserade energimarknader. Genom avtal med flertal elkunder kan en aggregator med den samlade efterfrågefleksibiliteten utföra handel med större volym på olika marknadsplatser för elhandel eller till nätföretag. Aggregator underlättar därmed för mindre kunder genom att sköta den administrativa rollen samtidigt som det kan ge större effekt på elmarknader. En aggregator får ej vara beroende av kundernas elleverantör samt måste ansvara för eller delegera balansansvar (Energimarknadsinspektionen 2016c).

Innehavare av marknadsplatser

Nord Pool är den nordiska elbörsen med ansvar för dagen före-marknaden och intradagsmarknaden där handel av el sker. Svenska kraftnät ansvarar för den momentana balansen mellan produktion och förbrukning via balansmarknaden. Innehavare av marknadsplatser är viktiga aktörer då de kan möjliggöra handel av efterfrågefleksibilitet på marknadsplatser (Energimarknadsinspektionen 2016b).

2.4.2 Marknadsplatser för efterfrågefleksibilitet

Som beskrivits tidigare i rapporten kan efterfrågefleksibilitet frigöras och implementeras via marknadsplatser. I Sverige finns en del pågående projekt för flexibilitetsmarknader, en del etablerade sedan några år tillbaka medan andra fortfarande är i teststadium. Fördelar återfinns i lokala marknadsplatser vilket bland annat innefattar både stora som små aktörer kan bidra till efterfrågefleksibilitet under de tidpunkter som passar dem. Via marknadsplatser kan aggregatorer agera för att samla en större mängd kapacitet att handla med och därmed bidra till större effekt. Flexibilitetsmarknader kan komma att ersätta tidigare former av bilaterala avtal för laststyrning som förekommer mellan nätägare och den aktör som bidrar med flexibilitet. Svårigheter med etablering av flexibilitetsmarknader grundas dels i de olika

aktörerna inte ser vinning att handla eller bidra med flexibilitet och därmed inte finna intresse för engagemang i de nya marknadsplatserna. Detta kapitel redogör olika flexibilitetsmarknader som är aktuella i den svenska elmarknaden idag samt hur de opererar.

CoordiNet

CoordiNet är ett EU-projekt vars syfte är att skapa samarbete mellan nätoperatörer och konsumenter och skapa lösningar för flexibilitetstjänster. Målet är att bidra till ett smart, säkert och motståndskraftigt energisystem via kostnadseffektiva modeller för flexibilitetstjänster. Projektet ska utforma skalbara verktyg, metoder och nättjänster som kan tillämpas i hela EUs energisystem (Coordinet).

I dagsläget prövar CoordiNet tio olika demonstrationsprojekt i tre länder, Sverige, Spanien och Grekland, med 23 medverkande aktörer. De olika nät- och samarbetstjänsterna prövas i dessa projekt med målet att utvärdera och analysera hur väl tjänsterna fungerar. Lärdomarna från demonstrationsprojekten ska tillämpas för att utforma strukturen för en framtida gemensam europeisk samordningsplattform.

De aktörer som främst driver demonstrationsprojekten i Sverige är Vattenfall Eldistribution, E.ON Energidistribution och Svenska Kraftnät. Projekten är etablerade och testas i fyra områden: Uppland, Gotland, Skåne och Västernorrland/Jämtlands län (Vattenfall 2020a).

Switch

E.ON har skapat Switch, den digitala marknadsplatsen för flexibilitet som knyter samman flexibilitetsleverantörer och elnätsoperatörer i Skåne. Detta projekt startades av E.ON i samarbete med CoordiNet med syfte att skapa en lösning för kapacitetsbristen som råder i Skåne. På denna digitala marknadsplats finns kunder som kan erbjuda flexibilitet i form av minskat effektuttag eller ökad elproduktion under kortare perioder mot ersättning. Köparna på denna marknad är främst elnätsoperatörer som köper flexibilitet för att inte överskrida gränsen för kapacitet i nätet.

Projektet startades upp under vintern 2019/2020 med ett antal företag som tillsammans kunde bidra med totalt 60MW kapacitet till nätet. Detta kan jämföras med hela Ystads effektbehov på 50MW. De mest kritiska timmarna är under vintern då elbehovet ökar till följd av ökad uppvärmning samt belysning. Skånes egna elproduktion räcker inte till för att täcka effektbehovet vilket gör att regionen är importberoende av från de norra delarna av Sverige. Under vissa kritiska timmar av året har elnätet inte kapacitet att distribuera el från norr till söder vilket kan leda till effektbrist i Skåne (E.ON 2020c). Konceptet med Switch är att det alltid ska finnas aktörer som kan skjuta på sitt effektuttag eller använda en annan energikälla under kritiska timmar för att bidra med en lokal balansering av effektuttaget.

På den digitala marknadsplatsen köps och säljs flexibilitet för nästkommande dygn. Flexibilitetsleverantörerna bestämmer själva vid vilka tidpunkter de vill erbjuda flexibilitet och till vilket pris. De anger lägsta och högsta effektminskning de kan erbjuda, under vilka timmar, för en eller flera dagar framöver. Flexibilitetsleverantörer kan vara industrier, fastighetsbolag och producenter som bidrar med flexibilitet via olika tillvägagångssätt. För fastigheter innebär det oftast en lastförflyttning av uppvärmning. Genom att öka värmen före och efter en viss period kan ett minskat effektuttag för uppvärmning ske utan komfortändring. En del industrier kan erbjuda flexibilitet genom lastförflyttning eller driva processer på andra

medel än el. Producenter av el kan erbjuda att producera mer el under höglasstimmor för att undvika effektbrist.

Den digitala plattformen visar en lastprognos för nästa dag där nätoperatörer kan identifiera potentiell överskridning av effektabonnemang. Under de timmar lastprognosen överskrider effektabonnemanget kan nätoperatören lägga bud på effektminskning från flexibilitetsleverantörer. De lokala nätoperatörerna prioriteras och budar först, därefter kan regionnåtsägare lägga bud (E.ON 2020c). Genom att utföra dagliga prognoser för kommande dags effektuttag kan nätbolag köpa effektminskning av flexibilitetsleverantörer och därmed bidra till balanserat effektuttag och minska risken för överbelastning i nätverket.

E.ON menar på att marknader av detta slag är viktiga för ett hållbart framtida elsystem, dels för att frigöra kapacitet i elnätet och dels för att minska framtida behov för utbyggnader av elnätet. För regioner som Skåne som redan idag har effektbrist till följd av kapacitetsbrist skapar detta projekt möjligheter för företag att fortsätta etableras och växa utan att hindras av kapacitetsbrist. Denna typ av flexibilitet leder till att effektbrist kan undvikas och bidrar till ett balanserat nätverk med ett jämnt effektuttag (E.ON 2020d). Svenska kraftnät jobbar konstant med att stärka och bygga ut nätet för att säkerställa ett stabilt och leveranssäkert elnät. För att stärka överföringen till södra Sverige byggs Sydvästlänken, vilket kopplar samman Hallsberg i Närke med Hörby i Skåne. Dock tar det lång tid att bygga ut nätet och projektet har under flera tillfällen skjutit fram datumet för drifttagning, vilket är en av anledningarna till att det behövs lösningar som Switch vilket kan ge effekt direkt.

SthlmFlex

SthlmFlex är i forsknings- och teststadiet och drivs av Ellevio, Vattenfall och Svenska Kraftnät. Målet är att starta upp en testmarknad för effektflexibilitet i Stockholm med en första flexibilitetstjänst i form av uppreglering. Det innebär att elnåtsbolag kommer att kunna köpa flexibilitetstjänster i form av ökad elproduktion eller minskad elkonsument från flexibilitetsleverantörer. SthlmFlex kompletterar övriga energimarknader och underlättar för flexibilitetsleverantörer att delta på samtliga energimarknader genom att bidra med koordinering av marknadsdesign, produktkrav samt standard för kommunikation (Svenska kraftnät 2020d).

Det som är unikt för SthlmFlex är att projektet sker i Sveriges största region, samt att regionen är kopplat till två regionnåtsägare, Ellevio och Vattenfall Eldistribution. Denna handelsplattform ger möjligheten att utbyta flexibilitetsresurser mellan olika regionnät, vilket inte har prövats tidigare. Förstärkning och utbyggnationer av elnätet i stockholmsregionen görs för att möta ett växande samhälle med ökat elbehov, men innan allt är färdigbyggt är kapacitetsbristen ett faktum. Förhoppningen är att flexibilitetsmarknaden ska samla aktörer och resurser på en marknad där de tillsammans kan medverka för att möta utmaningarna kring elförsörjning, minska kapacitetsbristen samt bidra till ett mer effektivt energisystem. SthlmFlex är satt att startas upp och prövas under vintern 2020/2021 med förhoppningen att bli en permanent tjänst (Vattenfall 2020b).

Växlande Effektregering – VäxEI

Sedan 2014 drivs Uppland av ett smart elnät med villor som kan bidra med flexibilitet under kritiska förhållanden. Som en fortsättning av andra projekt startades 2016 Växlande effektregering, eller VäxEI som det även kallas för. Projektet startades för att hantera utmaningen med att motverka effektbrist i samhället. Tillsammans med flera andra

marknadsaktörer har projektet utvecklat tekniska lösningar i kombination med befintliga digitala lösningar för att under höglasstimmarna ta ut så lite effekt som möjligt. VäxEI kopplar samman elnätet med kunders solceller, elbilar, energilager samt värmepumpar för att med laststyrning jämna ut effektuttaget. Solceller på kunders tak laddar upp batterier under dagen som sedan kan förbrukas under höglasstimmarna. Laddning av elbilar och uppvärmning från värmepumpar regleras utefter effektkurvan. Denna laststyrning leder till att effekttoppar jämnas ut vilket både sparar pengar åt kunderna, som slipper betala för höga elpriser, samt för nätbolag som undviker att betala straffavgift för eventuell överskridning av effektabonnemang (Upplands energi 2016).

3 Metod

För detta examensarbete utfördes en litteraturstudie med syfte att undersöka behovet för flexiblare elnät med fokus på efterfrågefleksibilitet, vilka förutsättningar som krävs och hur det tillämpas idag. Denna undersökning påbörjades från starten av processen för att lägga grund och skapa förståelse för efterföljande intervjustudie. Litteraturstudien bidrog till kunskap om ämnesområdet och därmed kunde relevanta frågor ställas under intervjuerna.

3.1 Litteraturstudie

Litteraturundersökningens ändamål var dels att bidra med kunskap om dagens elsystem och hur det kan skiljas mot framtida elsystem samt undersöka behovet av flexibilitet, närmare efterforskning kring efterfrågefleksibilitet och de aktörer med betydelsefulla roller för frågan.

Efterforskning av relevanta artiklar samt rapporter om bristsituationer som kapacitetsbrist och effektbrist i Sverige samt hur dessa situationer kan hanteras. Rapporter och artiklar från relevanta källor för den Svenska situationen, vilket bland annat inkluderar Energimyndigheten, Energimarknasinspektionen och Svenska kraftnät. Uppdrag av rapportering kring elleveranssäkerhet i fyra län på uppmaning av regeringen gav till viss del underlag till valet av ämnet av denna undersökning utförd av författaren. Litteraturstudiens resultat användes i rapportens teoretiska bakgrund. Förståelsen för elmarknaden och dess aktörer samt för efterfrågefleksibilitet och dess behov som skapades genom litteraturstudien utformade grunden för intervjustudien.

3.2 Intervjustudie

För insamling av primär data utfördes kvalitativa intervjuer. Till skillnad från kvantitativa undersökningar med strukturerad metod med syfte att generera stor volym data som snabbt kan kodas och bearbetas, är de kvalitativa intervjuerna mindre strukturerade med fokus på detaljerade och fylliga svar. Den flexibla metoden med kvalitativa intervjuer erbjuder de intervjuade att ge en bredare och friare respons till de ställda frågorna då det är intervjupersonernas ståndpunkt och egna uppfattningar som är av intresse. Generellt ställs inledande frågor av intresse för undersökningsämnet där de intervjuade erbjuds stor frihet i uttrycka egna tankar och åsikter. De kvalitativa intervjuerna som utförs kan tämligen skiljas åt trots att de inledande eller huvudfrågorna är de samma. Detta då beroende på responsen från de intervjuade varierar följdfrågorna vilket kan leda intervjun i olika riktningar. I kvantitativa undersökningar sker inte sådana avvikelser då den standardiserade grunden äventyras vilket kan påverka autenticiteten. Flexibiliteten som ges av de kvalitativa undersökningarna leder till intervjuer som anpassas och är följsamma utefter de svar den intervjuade ger (Bryman 2011).

Ansatts

För detta examensarbete valdes två aktörer med stor betydelse för efterfrågefleksibilitet för intervju, lokalnätägare och industrier. Upplägget för intervjuerna var lika för både nätbolag och industrierna, men med olika formulerade frågor. Ansatsen var att skapa uppfattning kring hur aktörerna ställde sig till flexibilitetstjänster och huruvida de bidrar eller nyttjar det idag.

Urval

Urval av nätbolag utgjordes av den geografiska placeringen, endast inom SE 3 och SE 4, samt kontaktades endast lokalnätägare. Detta då rapporter av Svenska kraftnät, ägare av stamnätet, utförs regelbundet där information kunde skaffas genom litteraturundersökningen.

Regionnätägarna har till viss del etablerade flexibilitetsmarknaden eller pågående projekt kring flexibilitetsmarknader. Information kring lokalnätägares inställning och ansats för ett flexiblere elnät ansågs vara knapert. Därför kontaktades lokalnätägare inom de geografiska avgränsningar för att införskaffa och analyseras deras inställning och ansats för flexiblere elnät. Lokalnätägare identifierades med hjälp av en hemsida (Nätområden) där nätföretagets namn angavs samt lokalnätets utbredning.

Val av industri kategoriserades inom fem branscher, delvis baserat på Energiläget 2020 (Energimyndigheten 2020). De branscher med högst elförbrukning valdes för denna undersökning och var följande:

- Papper- och massaindustri
- Järn-, stål- och metallindustri
- Verkstadsindustri
- Kemiindustri
- Plastindustri

Urval av industrier baserades utefter industrier med högt effektbehov och hög energianvändning samt deras geografiska position. Identifiering av industrier utfördes delvis via en hemsida (Largest companies) och delvis efter redan kända industrier med hög omsättning.

Utförande

Samtliga intervjuer utfördes över telefon. För intervjuerna utformades ett underlag med sex huvudfrågor med utrymme för följdfrågor beroende på deltagans respons. Varaktigheten varierade beroende på hur utförligt deltagarna svarade, ifall de själva bidrog till följdfrågor samt villigheten att delta i undersökningen. De kortaste intervjuerna varade omkring tio minuter vilket berodde på faktorer som deltagarens möjlighet att avvara tid för intervju samt hur utförliga svar som gavs. De längre intervjuerna varade uppemot 40 minuter. Dessa intervjuer gav mer information, dels besvarades huvudfrågorna detaljerat och dels gav deltagarna en bredare bild för deras relation till flexibilitet. De deltagare som gav utrymme för friare och fler frågeställningar resulterade i en bredare förståelse för deras förutsättningar och uppfattning.

För intervjuerna söktes kontakt med personer vars arbetsområde innebar en förståelse för energifrågor i syfte att anskaffa värdefulla svar. Vid kontakt med lokalnätbolag utfördes intervjuer med personer med titlar som elnätschef, elnätstekniker, nätingenjör samt ansvarig för drift och underhåll. Vid kontakt med industrier utfördes intervjuer med personer med titlar som produktionschef, miljösamordnare, energisamordnare samt el chef.

En del som kontaktades valde att inte ställa upp på intervju, men föreslog att få frågorna skickade till deras mail för att besvara när det passade dem. Detta resulterade i endast en enda respons. En del industrier i en viss bransch visades vara svår kontaktade. Efter många uppringningar beslutade författaren för att skapa en enkät som skickades ut till de kontaktades mail med förhoppning om att få respons. Dessvärre besvarades ingen av de utskickade enkäterna per mail.

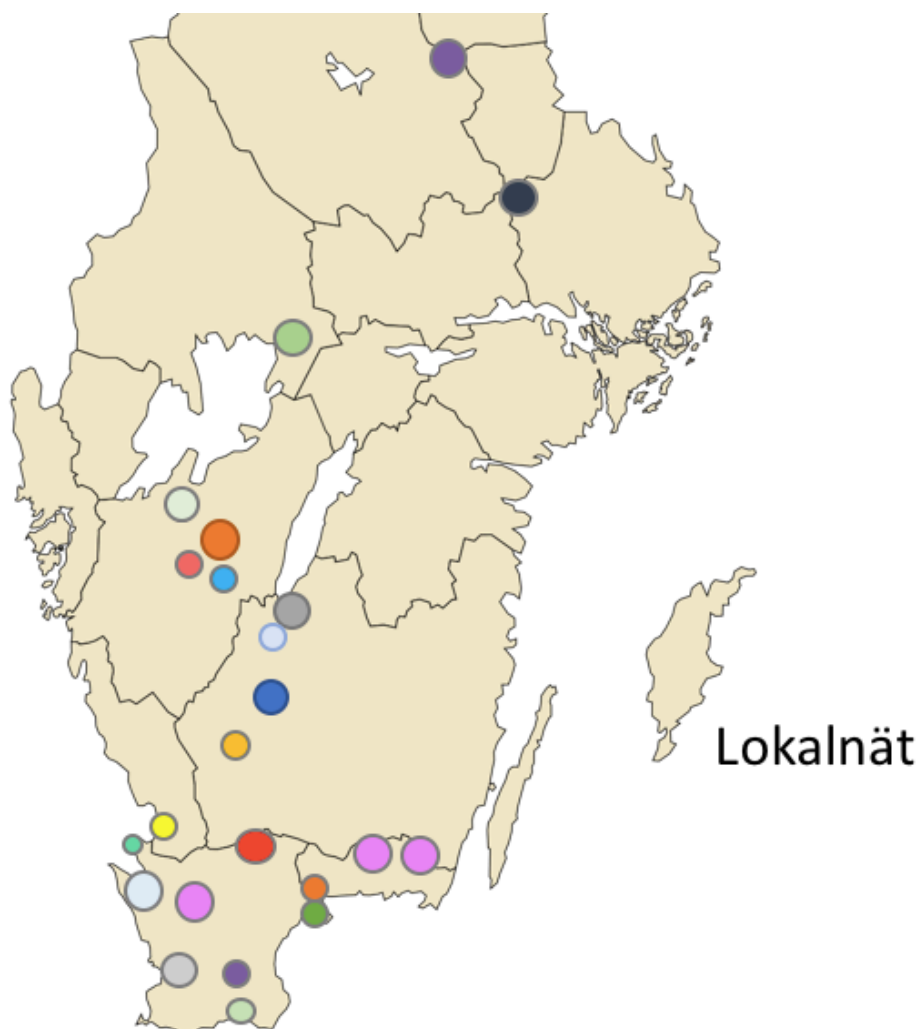
Under intervjuerna antecknades svaren ned för att direkt efter analyseras. Allt eftersom intervjuerna fortskred och svaren analyserades anpassades frågorna för att erhålla så mycket relevant information som möjligt.

4 Resultat

I detta kapitel presenteras resultatet från intervjustudien. Det första delkapitlet presenterar resultaten från nätbolag och efterföljande kapitel presenterar svaren från industrier.

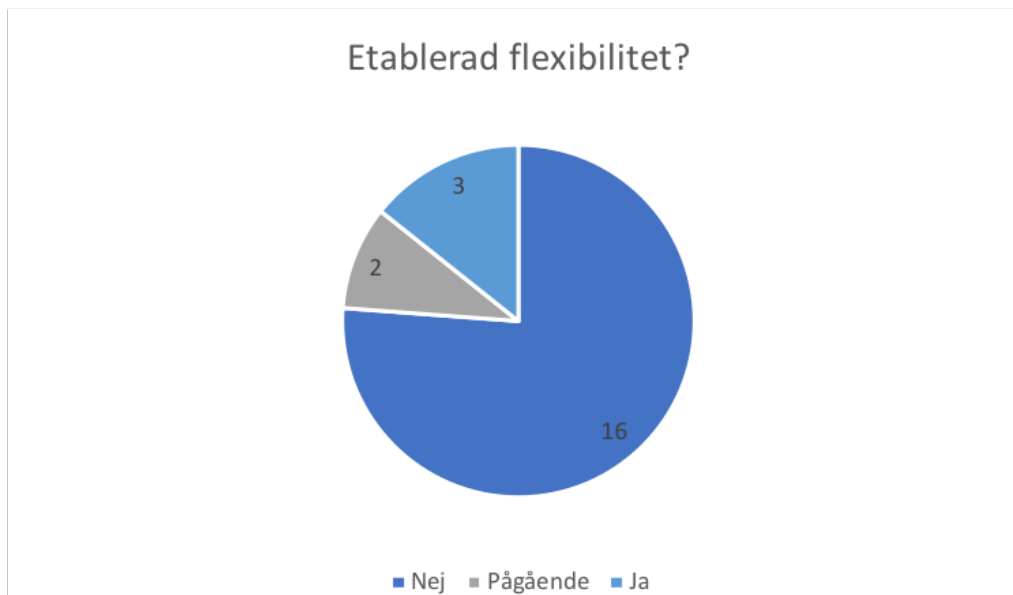
4.1 Resultat från intervju med nätbolag

Totalt medverkade 21 lokalnätägare i olika regioner inom SE 3 och SE 4, se figur 5. I bilaga 2 listas de deltagande lokalnätägarna.



Figur 5: Geografisk placering av de intervjuade lokalnätägarna. Cirklarnas storlek illustrerar de lokala elnätens områden. Cirklar av samma färg indikerar samma nätbolag.

4.1.1 Få nätägare med etablerade former av flexibilitet



Figur 6: Graf som visar antal nätägare med någon form av etablerad flexibilitet.

Nätägare med etablerade flexibilitet

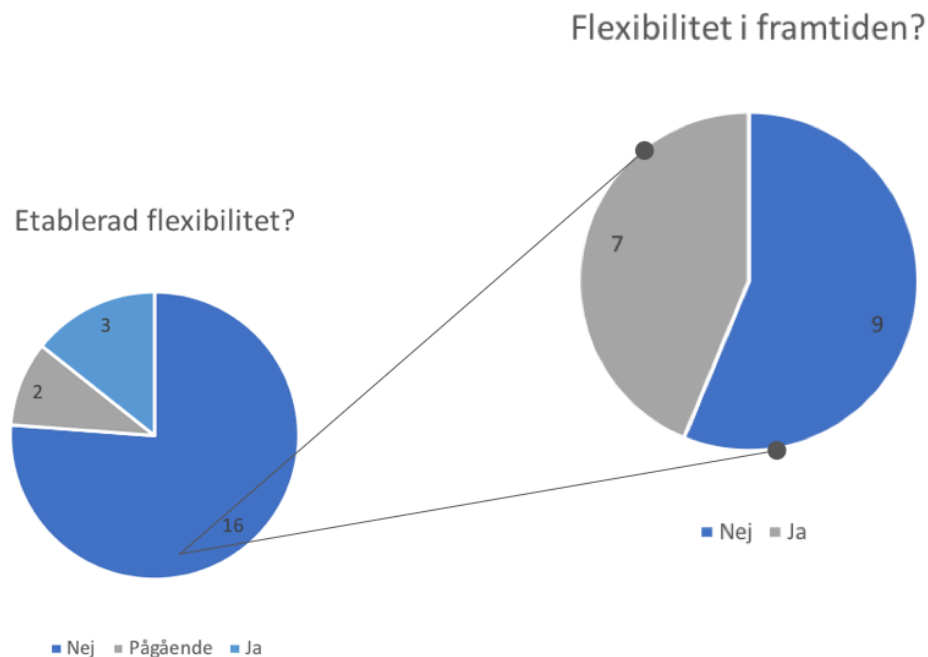
Få antal nätägare med etablerade former av flexibilitet, se figur 6. Ett lokalnät med anslutning av två skidanläggningar med produktion av snö, har möjlighet att minska lasten genom att pausa produktion av snö under topplasttimmar. Dessa två anläggningar har under vintertid möjlighet att nedreglera 4 till 6 MW.

De två andra aktörerna med etablerad flexibilitet medverkar i olika flexibilitetsprojekt utformade av E.ON. En kommentar löd ”det låter bättre än vad det är”, vars innebörd grundades i att dessa flexibilitetsprojekt fortfarande är i teststadie.

Nätägare i utvecklingsfas av flexibilitetstjänster

Två av de intervjuade nätägarna uppgav att de är i utvecklingsfas av flexibilitetstjänster. Det ena nätbolaget deltar i E.ONs flexibilitetsmarknad Switch till kommande vinter. Denna flexibilitetsmarknad är fortfarande i teststadie och nätbolaget deltar i syfte att undersöka möjligheterna med flexibilitetsmarknad där de deltar som både köpare och säljare av effekt. Det andra nätbolaget undersöker möjligheten att koppla batterier till existerande solcellspark då de kan samverka för att jämna ut effektkurvan. De för även diskussion med andra energibolag om olika lösningar till ett flexiblare elnät.

Nätägare utan någon form av flexibilitet i dagsläget



Figur 7: Av de nätägare utan flexibilitetstjänster idag bedömde 9 stycken att de är i behov av flexibilitetstjänster i sitt egna nätverk för framtiden medan 7 stycken bedömde inget sådant behov.

16 av de medverkande svarade att de inte har någon form av flexibilitetstjänst i dagsläget. Majoriteten av dessa svarade att de inte hade behov av flexibilitet idag och att deras kunder inte var i behov av det. Vid fråga ifall de för diskussion om eventuell införande av flexibilitetstjänster för framtiden svarade 9 stycken att de inte för diskussion kring det, 7 stycken svarade att det är på tal, se figur 7.

De som svarade att deras företag ej förde diskussion kring flexibilitetstjänster för framtiden, ”nej” i figur 7, var delvis för att företaget ej ansåg att det fanns ett behov och delvis för att de inte såg vinning i den frågan. En del ansåg att de var för små nätbolag för att fokusera på dessa frågor, en del ansåg att de hade för små kunder inblandade som inte kan bidra med många effekt för efterfrågefleksibilitet. Situationen kanske hade varit annorlunda ifall några större industrier varit placerade inom dessa lokalnät. Merparten ansåg inte att deras nätverk eller företag var i behov av flexibilitetstjänster och förde därmed ingen diskussion kring frågan varken nu eller för framtiden.

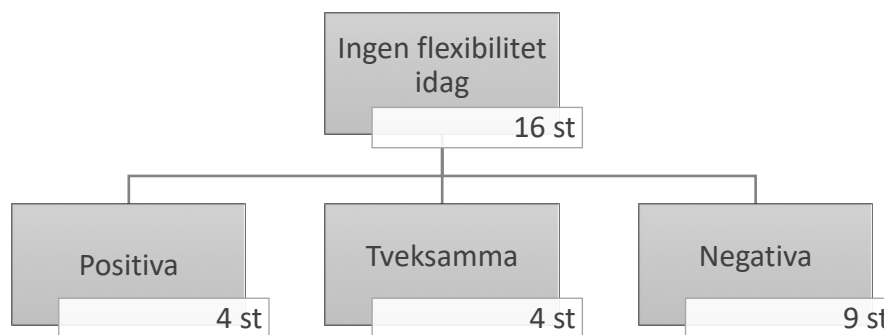
7 av de intervjuade som inte hade pågående flexibilitetstjänster ansåg att flexibilitetstjänster är något som de ser utnyttja i framtiden. De svarade att flexibilitet kommer vara en viktig del i det framtida elnätet men att deras egna nätbolag inte aktivt arbetade för utveckling av flexibilitetstjänster. Ett svar löd att de ansåg att de definitivt behövde någon form av flexibilitet i framtiden då de redan idag har problem med effektuttag från överliggande nät. Flexibilitet kan då underlätta deras situation då det kan jämna ut deras effekttoppar och kanske även sänka deras effektabonnemang.

4.1.2 Eventuella hinder för flexibilitet

Enhetligt svarade de intervjuade att det inte råder brist på tekniska hinder utan regulatoriska hinder. Tekniken finns att tillämpa men hur kompensation ska gå till är inte satt. Merparten av de intervjuade lyfter frågan kring hur rättvis kompensation ska ske. Det råder ovisshet kring hur nedreglering eller flytt av last kan mätas och värdesättas. De deltagande i intervjustudien förmedlar att det råder brist på ramverk. Att de gärna velat följa etablerade regler och riktlinjer istället för att själva driva frågan och testa sig fram. Det råder hinder i viljan hos nätbolag att ta första steget då de hellre vill se myndighet eller liknande driva frågan först.

Ett annat hinder som lyfts är kunders vilja att delta och bidra med efterfrågefleksibilitet. För att få privatkunder att bidra med efterfrågefleksibilitet måste det ske automatiskt på ett sätt som inte påverkar kundens vardag i allt för stor grad. Ett exempel som nämns är möjligheten att styra uppladdning av privatkunders elbilar, ska ske på ett vis som inte stör kundens körning.

4.1.3 Flexibilitet som del av framtida elnätet



Figur 8: Aktörer som inte har någon form av flexibilitet idag, deras inställning till att flexibilitet är en del av det framtida elsystemet.

Negativ eller tveksam ställning

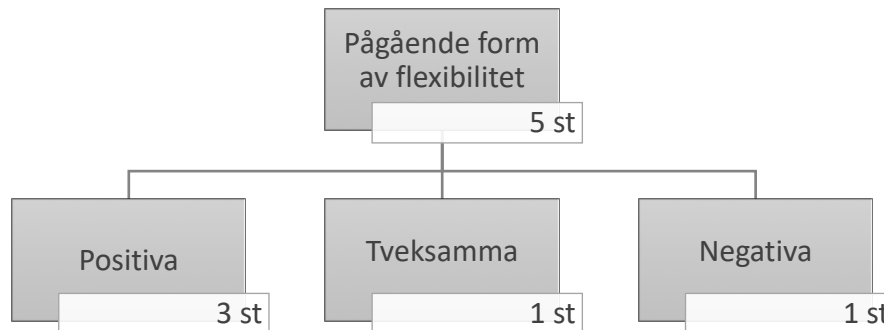
Somliga av de intervjuade nätägarna ansåg att flexibilitet är en tillfällig lösning för problem som kapacitets- och effektbrist och tror på andra tekniska lösningar för de problemen för framtiden. De ansåg att långsiktig och hållbar lösning är att bygga ut och förstärka nätet. Att ökad kapacitet och överföringsmöjligheter är det som krävs för att hantera och förhindra kapacitets- och effektbrist. Merparten av de intervjuade med ingen befintlig form av flexibilitet hade en negativ eller tveksam syn på flexibilitet som del av framtida elnätet, se figur 8.

De som är tveksamt inställda till framtida flexibilitet i deras egna nät, är det till stor del för de anser att de är för små aktörer att driva frågan och driva utveckling. Dessa nätägare svarade att de inte har kapacitet att lägga tid och pengar på undersökning och utveckling av det. Beroende på typ av elkunder varierar inställningen till hur efterfrågefleksibilitet kan tillämpas. Nätbolag med mindre elkunder, främst privatkunder, anser att det blir för mycket administrativt arbete utan tillräcklig vinning för att involvera och locka privatkunder.

Merparten av de intervjuade svarade de att de helt enkelt inte för diskussion kring flexibilitetsfrågan idag och därmed inte heller inkluderar flexibilitet i deras framtidsvision. Vid en eventuell framtid med begränsad effektöverföring från överliggande nät kan

flexibilitet bli en aktuell fråga. Vid ändrade förutsättningar kan de komma att bli tvungna att agera, men under rådande ställning är det inget de ser vinning i att undersöka.

Positiv ställning



Figur 9: Aktörer med pågående form av flexibilitet, deras inställning till att flexibilitet är en del av det framtida elsystemet.

Aktörer som ser flexibilitet som en del av det framtida elnätet menar på att det kommer bli en viktig och central del i elsystemet. Oavsett om företagen själva jobbar med det i dagsläget eller ej är en del lokalnätägare inställda på att flexibilitet är en del av det framtida elnätet. Somliga lokalnätägare upplever redan idag begränsningar från överliggande nät och då kan flexibilitet komma att avhjälpa genom sänkta effekttoppar. De med positiv inställning till frågan ansåg att framtidens energimix samt deras egna begränsningar i nätet är i behov av flexibilitet. Även om de inte hade förslag på vilka flexibilitetstjänster det finns behov av eller vilka incitament som behövs ansåg de att flexibilitet är en del av framtida elnätet.

Företags storlek och nätverk kan påverka hur de ställer sig till olika frågor. En av de intervjuade som både äger lokalnät samt en del regionnät har en egen avdelning för strategi och innovation där de kan jobba med frågor som flexibilitet och planera för framtiden. Det är troligen få lokalnätägare med samma möjlighet. Möjligheten att lägga resurs och pengar på en avdelning med syfte att undersöka och utveckla flexibilitetstjänster får bredare kunskaper om marknaden har troligen djupare bild av ämnet och dess påverkan.

En av de medverkade som idag har form av flexibilitetstjänst bedömde att flexibilitetstjänster endast är en tillfällig lösning för att hantera kapacitet- och effektbrist. Med motivering att den enda hållbara långsiktiga lösningen är utbyggnad och förstärkning av nätet, från stamnät ner till lokalnät. En annan medverkad hade tveksam inställning för flexibilitet som en del av framtida elnätet vilket grundades i okunskap i hur implementering och etablering ska gå till. Övriga medverkade med etablerade former av flexibilitetstjänster ansåg att det kommer bli en naturlig del av det framtida elnätet, se figur 9.

4.1.4 Kan flexibilitetstjänster gynna nätbolagen?

Bland de intervjuade som ställde sig positiva till ett framtida elnät med flexibilitet, ställdes även fråga kring ifall de ser det som en samhällsnytta eller ifall det även kan gynna deras egna nät och företag. Majoriteten svarade att deras företag alltid ser på ekonomisk vinning samt hur olika val påverkar deras vinning. Nätägare undersöker hur optimering av drift kan ske och hur de kan uppnå jämnare last. Dessa faktorer kan optimeras vid flexiblare elanvändning vilket

kan leda till att onödiga utbyggnader och förstärkningar av nätverket undviks vilket gynnar både företagets ekonomi så väl som klimatet.

Industrier som har möjlighet att jämna ut sitt effektuttag genom att jämna ut lasten över dygnet kan dels gynna företagets egna ekonomi och dels gynna nätägarnas ekonomi. Nätägare har då möjlighet att sänka sitt effektabonnemang från överliggande nät vilket sänker deras egna kostnader samtidigt som de får möjlighet att sänka elpriserna till kunderna.

Ett nätbolag förde god dialog med sina elkunder där de har informerat om effektivare elanvändning. Genom att informera att inte köra många enheter samtidigt i hemmet, utan sprida ut lasten kan kunderna få ett lägre elpris. Efter denna information märkte nätbolaget skillnad i elkundernas elanvändning, det blev ett jämnare effektuttag med färre effekttoppar. Det jämnare effektuttag gynnade nätbolaget som kunde sänka sitt effektabonnemang från överliggande nät och därmed sänka sina egna kostnader samt sänka elpriset för deras kunder. Detta nätbolag tog inspiration från ett flexibilitetsprojekt med fokus på informationsspridning till sina elkunder. Elkundernas bredare kunskap av området bidrog till egenskaper som gynnade nätbolaget.

De nätägare som inte ansåg flexibilitetstjänster som den del av det framtiden elnätet ansåg inte heller att det fanns vinning i det för dem som företag. Då diskussion kring flexibilitet inte fördes bland flera nätägare fördes inte heller diskussion kring dess fördelar eller vinning. Det rådde en generell okunskap kring flexibilitetstjänster. De medverkande nätbolagen som inte förde intern dialog om flexibilitet hade därmed ingen egen uppfattning kring vilka incitament som behöves eller vilken gynnsamhet flexibilitet kunde bidra företaget.

4.1.5 Begränsningar mot överliggande nät

En del av de medverkade nätägarna som hade begränsningar mot överliggande nät med svårigheter att få höjt effektabonnemang såg ett behov av flexibilitet i deras nätverk. Implementering av flexibilitetstjänster i deras nätverk ansåg de skulle jämna ut deras effekttoppar och de skulle då inte vara i lika stort behov av en ökning av effektabonnemang mot överliggande nät. Några av de intervjuade lokalnätägarna var i behov av högre effektabonnemang endast för att täcka de högsta effekttopparna. Ingen av de intervjuade nätbolagen förde diskussion med sina elkunder om efterfrågefleksibilitet.

En av de medverkade svarade att överliggande regionnät inte hade möjlighet att bevilja dem ett högre effektabonnemang. Det högre effektabonnemanget var i behov för att täcka lokalnätets högsta effekttoppar. Respondenten hade insikt att flexiblare elnät, exempelvis via efterfrågefleksibilitet, kunde resultera i jämnare effektuttag och undvikande av de högsta effekttopparna. Följande uppgav respondenten att undvikande av höjt effektabonnemang även kunde innebära undvikande av högre kostnader vilket även gynnar elkunderna som slipper höjda elpriser. Trots insikt om positiva effekter till följd av flexibilitet fanns inga etablerade former av flexibilitet inom nätbolaget.

4.1.6 Incitament krävs för ökad flexibilitet

För ökad eller införande av flexibilitet i lokalnäten krävs incitament. Flera av respondenterna svarade att det saknas incitament för dem att driva frågan. Responsen löd att det behövs krav och riktlinjer att följa för eventuellt införande av flexibilitetstjänster. Allt kostar pengar och de mindre nätägare drog sig för att investera i projekt som inte gynnade dem direkt eller som det

var krav på. Regelverk från exempelvis myndighet lyftes som ett viktigt införande då nätbolagen ansåg det vara enklare att följa satta regelverk än att själva leda en utveckling. En del respondenter bedömde även att vid mer etablering av flexibilitet i branschen kommer fler att vilja tillämpa det. Detta då företag vill vara attraktiv för kunder genom att vara delaktig i pågående utvecklingar och inte halka efter.

Utöver regelverk är införande av prismodell det som de intervjuade kände störst behov av. Hur rättvis kompensation ska utföras samt hur mätning och prissättning av nedreglering eller flytt av last ska ske behövs det modeller för. Flera av de intervjuade känner stor skepsis till införande av efterfrågefleksibilitet på grund av bristande kunskap kring kompensation. Kunder, privata som industrier, måste känna att det finns vinning i efterfrågefleksibilitet för dem. Hur ska flexibiliteten kunderna bidrar med mätas och hur ska den kompenseras? Okunskap och ovisshet kring rättvis kompensation för efterfrågefleksibilitet var en faktor bland flertalet nätägare som ledde till obenägenhet att tillämpa flexibilitetstjänster.

4.1.7 Ovisshet kring efterfrågefleksibilitet

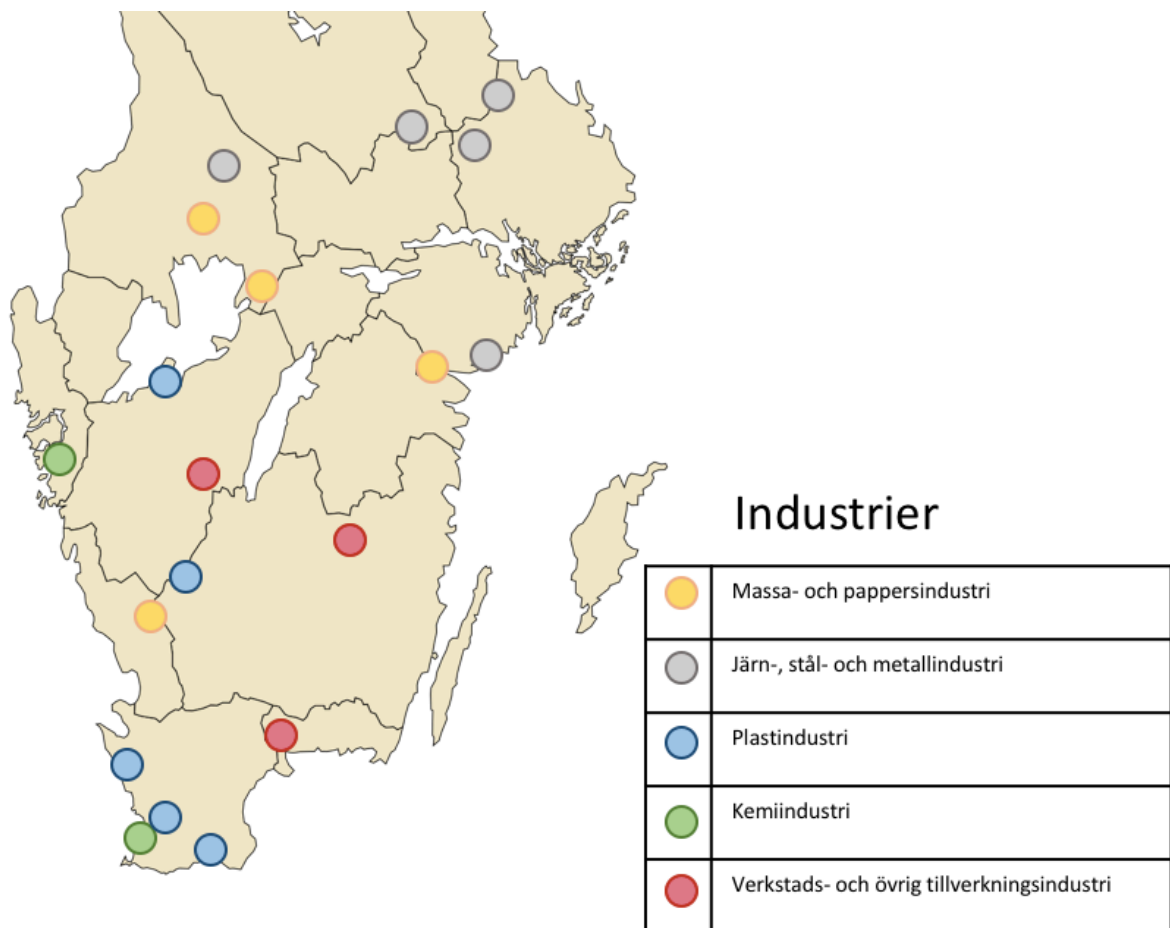
Intervjuerna gav resultat av stor okunskap kring efterfrågefleksibilitet samt avsaknaden av regelverk och prismodeller. De intervjuade kände oro kring hur tillämpning av flexibilitetstjänster ska gå tillväga. Utöver bristen av prismodeller och regelverk fanns det en generell ovisshet och därmed tveksamhet till införande av flexibilitetstjänster. Flera respondenter uttryckte att ”mer ska till” utöver införande av regelverk och prismodeller, men vad det är som ska till vet de själva inte om. Det grundar i generell ovisshet där det finns en känsla av många lösa trådar och ingen drivkraft att undersöka möjligheterna kring införande av flexibilitetstjänster.

4.2 Resultat från intervju med industrier

Intervjuer av industrier utfördes inom fem kategorier, med totalt 19 deltagare:

- Massa- och pappersindustri, fyra medverkande.
- Järn-, stål- och metallindustri, fem medverkande.
- Plastindustri, fem medverkande.
- Kemiindustri, två medverkande.
- Verkstads- och övrig tillverkningsindustri, tre medverkande.

Se bilaga 3 för medverkande industrier. Se figur 10 för den geografiska utplaceringen av de intervjuade industrierna.



Figur 10: Geografisk placering av de intervjuade industrierna

4.2.1 Elprisets påverkan på produktion

Massa- och pappersindustri

Majoriteten av de intervjuade svarade att elpriset påverkar deras produktion. Att de försöker anpassa effektuttaget utefter elpriset och därmed varierar produktion utefter elpriset. En av de intervjuade svarade att deras produktion inte varierar beroende på elpriset, utan produktion fortlöpte utan förändring mot elpriset.

Järn-, stål- och metallindustri

Samtliga av de intervjuade industrierna svarade att elpriset påverkar deras produktion då elpriset utgör en stor del av produkternas kostnad. De arbetar därmed aktivt för att undvika höga elpriser, antingen via avtal med elhandlare eller via flytt av last under höga elpristimmar. För merparten av de intervjuade kunde vissa smältprocesser undvika att påbörjas under höga elpriser och avvakta uppstart av dessa processer tills elpriset var passande.

Verkstads- och övrig tillverkningsindustri

En verkstadsindustrin som medverkade bedömde att det fanns viss potential för dem att bidra med efterfrågeflexibilitet, men att det är inget de utnyttjat idag. Det skulle innebära flytt av last då det fanns möjlighet för en del av deras processer att köras under lågpristimmar.

En industri inom trävarutillverkning svarade att elpriset endast påverkade deras egna budget och att elpriset aldrig påverkade produktionsmängden. Svaret löd att produktionsmängd

bestämdes av efterfrågan från kunderna och vid minskad produktion fanns risk för förlust av kunder. Därmed fortlöpte deras produktion oberoende av elpriset.

Den tredje industrin inom tillverkning av pappersprodukter svarade att deras processer var för kostsamma för att aktivt regleras utefter elpriset. Uppstart och nedstängning av deras processer var energi- och tidskrävande vilket inte gjorde det lönsamt för dem att reglera produktion utefter elpris. Deras processer drevs konstant alla dygnets timmar året om.

Plastindustri

Samtliga plastindustrier som medverkade svarade att elpriset inte påverkade deras produktion, oavsett elpris fortgick deras produktion. En medverkad industri gav svar att de har direkt kontakt med deras elhandlare för upphandling av gynnsamma elpriser för nästkommande år. De var måna om kostsamma faktorer och genom upphandling av elpris i förskott kunde de garantera ett bra elpris, utöver det utgjorde elpriset ingen påverkan av deras produktion.

Andra plastindustrier jobbade aktivt med energibesparing men där elförbrukningen var en linjär kostnad som ej påverkades av elpriset. Likt andra industrier svarade en plastindustri att deras produktion endast påverkades av efterfrågan av kunderna.

Kemiindustri

Enligt deltagarna i intervjun utgjorde inte elpriset en större kostnad, utan det var inköp av kemikalier som utgjorde största delen av utgifterna. Därmed skedde aldrig förändring av produktion till följd av elpris utan processerna löpte konstant. De kemiska processerna som kördes hade dessutom lång tidsåtgång för uppstart samt var känsliga för störning vilket gav lite utrymme för möjlighet att tillämpa flexibel elanvändning.

4.2.2 Olika processer med olika möjlighet till efterfrågefleksibilitet

Processer som körs statiskt över alla dygnets timmar har svårigheter att bidra med efterfrågefleksibilitet. De processer som körs inom kemiindustrin kunde ta flera timmar att trimmas in rätt och en nedreglering var inte möjlig utan långa tidsåtgångar. Det kunde innebära flera timmar för nedstängning av processer samt flera timmar för dessa processer att komma upp i maximal kapacitet. Dessa egenskaper gör det inte gynnsamt för tillämpning av efterfrågefleksibilitet. Liksom processer med energikrävande uppstart och nedstängning har svårigheter att bidra med efterfrågefleksibilitet då dessa processer drar mindre och jämnare effekt när de väl uppnått korrekt arbetspunkt, vilket gällde plastindustrierna.

Kortare processer har desto större möjlighet att bidra till efterfrågefleksibilitet. De industrier som medverkar inom effektreserven är av sådan karaktär. Det är exempelvis papper- och massaindustrin där nedreglering kan ske inom loppet av sekunder. Detsamma gäller uppstart som kan ske inom korta tidsåtgångar. Energiåtgången är dessutom likvärd vid uppstart som när de korta processerna väl uppnått maximal kapacitet.

Liksom processer som kan flyttas i tid har möjligheter att bidra med efterfrågefleksibilitet. Dessa egenskaper har smältprocesser inom järn-, stål- och metallindustrin. Dessa industrier kan utifrån elprisprognoser undvika höga elpriser och påbörja smältprocesser under gynnsamma förhållanden. Däremot har dessa processer mindre möjlighet till nedreglering när processerna väl påbörjats. När smältprocessen väl påbörjats kan lasten inte ändras utan att påverka produktionen. En lastförändring under smältprocessen kan leda till onödiga

energiåtgångar i de fall smältprocessen måste ske återigen till följd av felaktig smältning. Därmed är det optimalt att tillämpa flytt av last men ej nedreglering för de medverkade inom järn-, stål- och metallindustrin.

4.2.3 Elpriset påverkar industriernas produkter olika

Produkters tillverkning och framställning kräver olika processer med varierande energiåtgång. Inom kemiindustrin utgör elpriset inte stor del av produktionskostnader, utan råvarorna står för den största kostnaden. Detta i kombination med de långa processerna inom kemiindustrin leder till att de intervjuade industrierna inom denna kategorin inte anpassar produktionen utefter elpriset då det varken gynnar produkterna eller företaget.

Däremot utgör elpriset en stor del av produktionskostnaden vid tillverkning av plastprodukter, enligt de intervjuade plastindustrierna. En av de intervjuade plastindustrierna uppgav att Sveriges låga elpriser gör dem konkurrenskraftiga mot konkurrerande företag i andra länder med högre elpris. Det faktum att elpriset utgör en stor del av slutproduktens kostnad skapar incitament för dessa företag att anpassa effektuttaget utefter elpriset för att sänka kostnaderna och viljan till att jämna ut effektuttaget höjs.

De industrier där elpriset utgjorde stor del av produktens slutpris hade en mer positiv inställning för effektutjämnning. Då det kan leda till lägre elpris var deras inställning för möjlighet att bidra med efterfrågefleksibilitet positivare.

De industrier där elpriset inte påverkade produktionen eller utgjorde en betydande del av produkternas slutpris hade låg motivation till att bidra med efterfrågefleksibilitet då de inte såg direkt vinning i det för deras företag.

4.2.4 Marginal i produktionskapacitet

En hel del av responsen löd att möjlighet att bidra med efterfrågefleksibilitet inte var möjlig till följd av låg marginal i produktionskapacitet. Att ett minskat effektuttag, eller variation av effektuttag, skulle innebära minskad produktion vilket inte var möjligt då de hade kunder som förväntade en viss mängd order. Dessa industrier menade på att endast de företag med hög marginal i produktion kunde bidra med efterfrågefleksibilitet då de har ett överskott av produktion och ändrat effektuttag inte leder till förlust. Att de industrier med ett lager av produkter har möjlighet att leverera vad deras kunder efterfrågar trots variation i effektuttag.

4.2.5 Efterfrågefleksibilitet kan gynna industrier

Effektivare elanvändning, vilket jämnar ut effektuttaget, kan leda till minskat effektabonnemang för industrier vilket innebär minskade utgifter. Effektutjämnning vilket påverkar nätet positivt återknyter till industrin då elpriset kan bli lägre för elkunderna. Några industrier hade en bredare syn på hur efterfrågefleksibilitet kan gynna dem i ett längre lopp, medan några intervjuade industrier endast fokuserade på direkt vinning. Det var industrier som svarade att ifall de inte ser en direkt vinning eller en får en rättvis kompensation har de inget intresse av att bidra med efterfrågefleksibilitet.

En del industrier ansåg att att bidra med efterfrågefleksibilitet kunde vara konkurrenskraftigt. Många industrier väljer idag att köpa grön el då kunderna efterfrågar detta och företagen arbetar aktivt med att vara klimatneutrala. Genom att bidra med efterfrågefleksibilitet kan detta

bidra till en god bild för allmänheten att företaget är klimatmedvetna och gör aktiva val som bidrar till ett mer hållbart nätverk.

Några medverkade industrier ansåg att möjligheten till att vara flexibla kunde vara fördelaktigt för dem vid risk för effekt- eller kapacitetsbrist. De svarade att ifall deras bidrag till efterfrågefleksibilitet kunde minska risk för effekt- och kapacitetsbrist samt jämna ut effektuttaget skulle det kunna leda till minskade nätavgifter och minskade elpriset. Därmed såg de vinning i ett längre lopp i ett scenario då de bidrog med efterfrågefleksibilitet.

4.2.6 Hinder för efterfrågefleksibilitet

Tekniskt har inte alla typer av industrier samma möjlighet till efterfrågefleksibilitet. Bortsett från det finns det faktorer som haltar eller hindrar ökad efterfrågefleksibilitet. Den största faktorn som bromsar ökad flexibilitet är frågan om kompensation.

Frågor kring rättvis kompensation lyftes som det största hindret bland merparten av de intervjuade industrierna. På vilket sätt kan ett minskat effektuttag mätas? Förutom själva energin, som väljs att inte utnyttjas, ska kompensation för andra faktorer tas i beräkning till. Minskad energianvändning efterföljs av minskad produktion, vilket kan leda till risk för att kunder vänder sig till andra företag vid händelsen att industrier ej producerar den mängd som efterfrågas.

En respondent svarade att möjligheten att bidra med efterfrågefleksibilitet grundas i ifall företaget har överskott av produkter eller ej. Ett överskott av produktion lämnar utrymme för företag att vara flexibla med energianvändningen. Enligt denna respondenten har en del industrier inte möjlighet att bidra med efterfrågefleksibilitet då inte kan halta produktionen utan att riskera att förlora kunder till följd av uteblivna produkter.

Hinder för ökad efterfrågefleksibilitet bland industrier upplevs dels grundas i viljan att göra förändring. Hinder uppstår då företagen inte upplever vinning i efterfrågefleksibilitet och gör därmed inte efterforskning av deras potential till efterfrågefleksibilitet. Av naturliga skäl är det svårare att göra val som inte upplevs som vinning utan endast förlust.

4.2.7 Okunskap om efterfrågefleksibilitet och flexibilitetsmarknader

Stor del av de intervjuade hade lite eller ingen uppfattning om hur de kan tillämpa eller bidra med efterfrågefleksibilitet. Detta inkluderade ovisshet och okunskap kring pågående flexibilitetsmarknader samt hur det kan gynna företag och samhällen. En av de intervjuade inom verkstads- och övrig tillverkningsindustri uppgav att de inte hade kännedom om existerande flexibilitetsmarknader. Detta trots att de ansåg sig ha möjlighet och vilja att bidra med efterfrågefleksibilitet samt att det fanns pågående projekt av flexibilitetsmarknad av Eon inom det området av industrin.

5 Analys

Okunskap och ovisshet

Enligt rapporteringar från olika länsstyrelser, kapitel 2.2.3, finns det både befintliga eller framtida risker för effekt- och kapacitetsbrist. Trots dessa rapporteringar hade majoriteten av de intervjuade lokalnätägarna tveksam eller negativ inställning för flexibilitetstjänster som långvarig lösning för dessa problem. Trots befintliga bristsituationer eller framtida risk för dessa inom vissa regioner avsaknads handlingsplaner från dessa lokalnätägare. Avsaknad av tilltro till flexibilitet som en lösning för problemen. Ingen diskussion fördes heller mot de energikrävande industrierna inom lokalnätet.

Likaså avsaknaden av dialog mellan industrier och lokalnätägare. Enligt resultat fanns de industrier med vilja att bidra med efterfrågefleksibilitet samt de nätägare med behov av flexibla elnät, däremot fördes ingen dialog mellan dessa aktörer. Nätägarna med behov av exempelvis högre effektabonnemang för att täcka enstaka effekttoppar förde endast diskussion mot överliggande medan diskussion kring jämnare effekttuttag från elkunderna avsaknads.

Det finns pågående flexibilitetsmarknader inom olika regioner i SE 3 och SE 4 där nätägare och elkunder kan utföra handel av efterfrågefleksibilitet. Bland de medverkade i denna undersökning saknas kunskap och vetskap om dessa flexibilitetsmarknader.

Rättvis ersättning/kompensation

I flexibilitetsmarknaden Switch, i kapitel 2.4.2, fastställer elkunden själv priset för den flexibilitet de kan erbjuda. Då är det kunden själv som får avgöra vad som anses vara en rättvis kompensation. Därefter kan nätbolag avropa tider av flexibilitet från elkunder. Denna metod för prissättning låter elkunderna själva avgöra priset för sin flexibilitet och nätägarna har endast möjlighet att acceptera priset eller avstå att avropa. Därmed faller det inte på nätägarna att skatta och värdesätta elkunders nedreglering eller flytt av last, vilket var en stor oro bland merparten av de intervjuade nätägarna.

Likaså återfanns denna oro bland industriföretagen. Hinder uppstår då företagen inte upplever vinning i efterfrågefleksibilitet och gör därmed inte efterforskning av deras potential till efterfrågefleksibilitet.

Avsaknad kommunikation

Avsaknad av dialog mellan nätägare och industrier. Möjlighet för samarbete för bådars vinning finns men uteblivs delvis till följd av avsaknad av engagemang och ovisshet.

Industrier där elpriset utgör stor del av produktkostnaden är villiga att bidra med efterfrågefleksibilitet i syfte att få sänkta elkostnader. Trots detta förs ingen diskussion med nätbolag ifall ett jämnare effekttuttag kan ge dem sänkta elpriser.

De nätbolag med behov av höjt effektabonnemang för att hantera effekttoppar förde endast diskussion mot överliggande nät. En del nätbolag med begränsningar mot överliggande nät hade därmed svårigheter att hantera effekttopparna men förde ingen dialog mot sina elkunder. Ingen av de intervjuade nätbolagen förde dialog mot industrier eller övriga elkunder om efterfrågefleksibilitet för effekttutjämnning.

6 Diskussion

Syftet med detta examensarbete har varit att undersöka olika aktörers förhållande till efterfrågefleksibilitet och hur det kan komma att tillämpas. Frågeställningarna innefattade industriers möjlighet till att vara flexibla med elanvändningen, vilka hinder finns för ökad flexibilitet och påverkar elpriset industriers produktion. Detta arbete har givit svar på de frågeställningarna. Möjlighet för ökad efterfrågefleksibilitet finns med brist på kunskap om implementation och kompensation hämmar utvecklingen. Detta gäller för såväl industrier som för lokalnätägarna.

Elpriset påverkar industrierna mer eller mindre, oavsett om de intervjuade svarar att elpriset ej påverkar deras produktion kommer det komma en gräns då elpriset är för högt för samtliga elkunder. Vid fortsatt risk för effekt- och kapacitetsbrist är ökande elpriser ett faktum. Vid intervjuerna var det ingen industri som hade tanke eller förberedelser för händelser av framtida höga elpriser. Vissa medverkande svarade att elpriset inte påverkade deras produktion, men det finns en gräns då elpriset utgör för stor del av kostnaderna, frågan är vad dessa industrier gör då. Kan industriernas verksamhet fortsätta vid ett scenario av skyhöga elpriser?

Trots flertal rapporteringar kring effekt- och kapacitetsbrist, framförallt i SE 4 men även SE 3, är det fåtal lokalnätägare som för diskussion eller handling av införande av flexibilitets tjänster. Majoriteten av de medverkade lokalnätägarna ansåg att utbyggnad och förstärkning av elnätet var den enda lösningen till effekt- och kapacitetsbrister. Likaså vid problem mot överliggande nät, exempelvis ingen möjlighet till högre effektuttag, ansåg de medverkande att problemet skulle lösas av ägarna av överliggande nät. Ingen tanke eller diskussion pågick kring hur flexiblare elnät skulle kunna lösa problemen av denna sort.

Informationsspridning

Information kring efterfrågefleksibilitet behöver mer spridning. Generell okunskap råder kring efterfrågefleksibilitet hos de flesta aktörer, både för lokalnätägare som för industrier. Det behövs ökad informering om nyttan med efterfrågefleksibilitet, kring att det krävs ett flexiblare elsystem. Information behöver spridas kring de utmaningarna det svenska elnätet står inför och hur efterfrågefleksibilitet kan vara en del av lösningen.

Inte alla industrier var medvetna om hur de kan bidra med efterfrågefleksibilitet. Vid ett intervjutillfälle med en större verkstadsindustri i SE 4 ställdes en fråga kopplat till deras tankar kring att delta i en flexibilitetsmarknad likt Switch som verkar i deras geografiska position. Svaret till frågan löd att de inte hade kännedom kring denna flexibilitetsmarknad eller flexibilitetsmarknader över lag men att de möjligtvis hade ett intresse av att medverka i en sådan marknad då de såg vinning i det. Detta tyder på att viljan och möjligheten för ökad efterfrågefleksibilitet finns men brister till följd av okunskap och bristande information om marknadsplatser för den handeln.

Begränsad kunskap kring hur efterfrågefleksibilitet kan gynna aktörerna fanns bland de medverkade i intervjustudien. Att flexibilitet kan gynna elkraftsystemet och samhället var en del medvetna om, men fåtal hade kännedom kring hur det egna företaget kan dra nytta av flexibilitet. Vid djupare kunskap om ämnet och mer information kan fler aktörer förstå nyttan och behovet av flexibilitet vilket kan leda till större engagemang.

6.1 Begränsningar och diskussion av metodval

Resultaten begränsas av antalet intervjuer samt att valet av kvalitativa intervjuer kan ge ett begränsat resultat till följd av respondenternas egna tankar och kunskap om ämnet. Intervjuer har möjlighet att anskaffa djupare information än utskick av enkäter. Dock återfanns svårigheter med att skapa kontakt och få personer att medverka på intervju vilket kan bero på en rad olika faktorer. En faktor som kan påverkat möjligheten att skapa kontakt och få medverkande för intervjuer är den rådande pandemin, vilket har lett till att flera arbetat hemifrån samt arbetat färre timmar. Detta utgjorde en del svårighet kring att skapa kontakt med personer och utsätta en tidpunkt för dem att medverka för intervju.

Efter försök att nå flertal personer vid flertal tillfällen utan lycka, skapades en enkät med de frågeställningar som ställdes under intervjun. Enkäten skickades via mail till de personer som ej svarat på telefon. Dessvärre gav detta inget resultat då ingen respons gavs. Denna ledde till bristande och varierande resultat i vissa industrikategorier. I kategorin järn, stål och metall skapades kontakt snabbt och resultat kunde samlas in. Däremot var det svårt att skapa kontakt med personer inom verkstadsindustrin. En del företag har som policy att inte ställa upp på undersökningar och därmed kunde en intervju inte fastställas. En del andra företag var det helt enkelt svårt att skapa kontakt trots flertal uppriggningar, skickade mail samt mail utskick med enkät.

6.2 Tankar för fortsatt arbete

För vidare arbete skulle det vara av intresse att undersökning av hur informations spridning och marknadsföring har för möjlighet att intressera fler aktörer att bidra med efterfrågefleksibilitet. Undersöka hur viljan att bidra med efterfrågefleksibilitet ändras efter informering av de positiva konsekvenserna. Hur kan en inställning ändras till följd av djupare kunskap av ämnet? Undersökning av vilka incitament som är lämpligast för ökad efterfrågefleksibilitet. Är det samma incitament för nätägare som för industrier? Rättvis kompensation är ett incitament som troligtvis har stor påverkan men vilka andra incitament som krävs kan vara av intresse och vara nödvändiga att belysa för ökad efterfrågefleksibilitet.

Detta examensarbetet avgränsades till Sverige, SE 3 och SE 4, för vidare arbete kan undersökning av efterfrågefleksibilitet i andra länder utföras för jämförande och utvärdering. Undersökning av likheter och skillnader, vilka länder har kommit längre i frågan än Sverige och ta lärdom av andra länder. För vidare arbete av detta examensarbete krävs fler intervjuer med fler aktörer för en bredare och mer korrekt kartläggning.

7 Slutsats

Det råder bristande information kring många aspekter av efterfrågeflexibilitet. Bristande handlingsplaner för tillämpning och införande av efterfrågeflexibilitet och framförallt saknad av prismodeller. Både industrier och lokalnätsägare saknar kunskap om efterfrågeflexibilitet och de positiva effekterna det kan bidra med. Detta ledde till stundtals kortfattade intervjuer då de medverkade hade begränsad kunskap om ämnet. De medverkade med lite kunskap om flexibilitet hade svårigheter med att bedöma företagets möjlighet till att bidra med efterfrågeflexibilitet eller införande av flexibilitetstjänster. De svarade därmed ofta kortfattat med få egna tankar kring vilka incitament som behövs för ökad flexibilitet. Ökad informationsspridning och djupare kunskap bland de medverkade hade kunnat de andra svar och tankar kring ämnet. Några medverkade ansåg att myndighet eller liknande bör sprida mer information kring flexibilitet. Ökad kunskap om ämnet bidrar till större möjlighet för fler aktörer att engageras.

Behovet av flexibilitet behöver spridas mer. Ovisshet och okunskap leder till att aktörer inte ser en vinning i att satsa och utveckla flexibilitetslösningar. Endast 7 av de 19 intervjuade lokalnätsägarna ansåg att flexibilitet är en långvarig lösning och inte endast en tillfällig lösning för att hantera problem som effekt- och kapacitetsbrist. Lokalnät med begränsningar mot överliggande nät hade större behov för flexibilitetstillämpningar samt en mer positiv inställning för det. En del lokalnät var i behov av ökat effektabonnemang endast för att hantera enstaka effekttoppar. Industriers möjlighet att bidra med efterfrågeflexibilitet kan leda till effektutjämnning där effekttopparna undviks och därmed undviks även behovet för ökat effektabonnemang.

De medverkande i denna undersökning uppgav att de själva inte ville driva frågan, utan att frågan ska drivas av exempelvis en myndighet. Majoriteten av de medverkade svarade att de inte hade resurs eller vilja att spendera pengar och tid på att undersöka deras möjlighet att bidra med flexibilitet. Aktörers möjlighet att bidra med flexibilitet samt vilken kompensation som kan ges bör standardiseras och göras lättillgängligt. Ifall information och verktyg finns tillgängliga för aktörer kanske fler engageras och undersöker frågan. Lättillgänglighet samt aktörers egna vinning vid bidrag av flexibilitet är faktorer som behöver utvecklas. De rapporteringar som finns tillgängliga idag beskriver alla behovet av flexibilitet men få vet hur det ska appliceras.

Industriernas möjlighet att bidra med efterfrågeflexibilitet varierade beroende på tillverkningsprocessernas egenskaper. Viljan att bidra med efterfrågeflexibilitet varierade av olika anledningar, exempelvis produktionskapacitet och elprisets påverkan på produktpriset. De industrier där elpriset utgjorde stor del av produktionskostnaden och produktpriset hade större intresse att tillämpa flexibilitet i syfte att sänka elpriserna. Produktionspris inom kemiindustrin utgjordes mestadels av råvarukostnaden där elpriset inte direkt påverkade produktpriset, därmed var intresset att förändra elanvändningen låg. Industrier, som järn- och pappersindustrin, där produktionskostnaderna utgjordes till stor del av elpriset hade större intresse av att sänka sina elkostnader exempelvis genom att tillämpa efterfrågeflexibilitet.

Denna utförda undersökning gav resultat av industrier inom massa- och pappersindustri, järn-, stål- och metallindustri hade störst potential att bidra med efterfrågeflexibilitet. De intervjuade inom denna kategori hade möjlighet att stundtals sänka effektuttaget inom korta tidsintervall alternativt flytta lasten i tid. Verkstad- och övrig tillverkningsindustri hade delvis möjlighet till efterfrågeflexibilitet vilket baserades till stor del på marginal i produktionskapacitet. De

intervjuade inom denna kategori uppgav att deras produktion endast styrdes av kundernas efterfrågan samt ifall de hade ett lager av produkter att sälja eller ej. Produktionen och därmed effektuttaget förändrades ej till följd av elpriset.

Övriga intervjuade inom kategorierna plast- och kemiindustri hade lite eller ingen möjlighet att bidra med efterfrågefleksibilitet till följd av processernas egenskaper. Dessa egenskaper innebar långvariga samt energikrävande uppstart- och nedregleringstider. Dessa industriers produktion karakteriserades av processer som löpte konstant dygnet om, där nedreglering endast skedde vid ett fåtal tillfällen om året.

Lösning på ett ökat flexibelt elsystem är inte enkelt. Att efterfrågefleksibilitet har en roll och kan avhjälpa elsystemet är givet, men än finns ingen etablerad metod för hur ökad etablering ska gå tillväga. Det finns än många lösa trådar för att effekten av efterflexibilitet ska kunna utnyttjas fullt ut. Trots en del pågående flexibilitetsmarknader är dessa marknader fortfarande i teststadium där varje marknad själva driver utvecklingen. För större effekt av flexibilitetsmarknader kanske det krävs koordinering och informationsspridning av statliga affärsverk.

8 Referenser

Bryman, Alan. (2011). *Samhällsvetenskapliga metoder*. 2. uppl. Malmö: Liber.

Coordinet. *The Project*. <https://coordinet-project.eu/projects/coordinet> (Hämtad 2020-12-07).

Elforsk (2011). *Lastföljning i kärnkraftverk*.
<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/19886/lastfoljning-i-karnkraftverk-elforskrapport-2012-08.pdf> (Hämtad 2020-10-15).

Ellevio (2019). *Effektbrist eller kapacitetsbrist – eller både och? Vi reder ut begreppen*.
<https://www.ellevio.se/om-oss/Pressrum/newsroom/2019/mars/effektbrist-eller-kapacitetsbrist-eller-bade-och-vi-reder-ut-begreppen/> (Hämtad 2020-11-10).

Energimarknadsbyrån (2020). *Elområden*.
<https://www.energimarknadsbyran.se/el/elmarknaden/elomraden/> (Hämtad 2021-02-01).

Energimarknadsinspektionen (2016a). *Efterfrågefleksibilitet - En outnyttjad resurs i kraftsystemet*.
https://ei.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter%202016/Efterfrageflexibilitet_en_outnyttjad_resurs.pdf (Hämtad 2020-10-06).

Energimarknadsinspektionen (2016b). *Åtgärder för ökad efterfrågefleksibilitet i det svenska elsystemet*.
https://www.ei.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter%202016/Ei_R2016_15.pdf (Hämtad 2020-10-06).

Energimarknadsinspektionen (2016c). *Kundens bidrag till efterfrågefleksibilitet*.
<https://www.ei.se/sv/for-energiforetag/el/Flexibilitet/kundens-bidrag-till-efterfrageflexibilitet/> (Hämtad 2021-01-06).

Energimarknadsinspektionen (2020). *Kapacitetsutmaningen i elnäten*.
https://www.ei.se/Documents/Publikationer/rapporter_och_pm/Rapporter%202020/EiR2020_06_Kapacitetsutmaningen%20i%20eln%C3%A4ten.pdf (Hämtad 2020-10-06).

Energimyndigheten (2018). *Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem*.
<https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=5741> (Hämtad 2020-11-25).

Energimyndigheten (2019). *100 procent förnybar el*. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=133470> (Hämtad 2020-08-21).

Energimyndigheten (2020). *Energiläget 2020*.
<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2020/energilagget-2020---en-samlad-bild-pa-energiomradet-i-sverige/> (Hämtad 2020-09-04).

E.ON (2020a). *Vad är elbrist, effektbrist och nätkapacitetsbrist?* <https://www.eon.se/om-e-on/kapacitetsbristen/elbrist-effektbrist-naetkapacitetsbrist> (Hämtad 2020-11-10).

E.ON (2020b). *Kapacitetsbristen*. <https://www.eon.se/om-e-on/kapacitetsbristen> (Hämtad 2020-11-10).

E.ON (2020c). *Switch*. <https://www.eon.se/foeretag/elnaet/switch> (Hämtad 2020-11-10).

E.ON (2020d). *Flexibilitet krävs för smartare elnät*. <https://www.eon.se/content/dam/eon-se/swe-documents/swe-white-paper-switch.pdf> (Hämtad 2020-11-10).

IVA (2015). *Energilagring – Teknik för lagring av el*. <https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-el/vagval-el-lagring.pdf> (Hämtad 2020-11-10).

IVA (2016a). *Framtidens elanvändning*. <https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-el/vagvalel-framtidens-elanvandning-delrapport.pdf> (Hämtad 2020-10-15).

IVA (2016b). *Sveriges framtida elnät*. <https://www.iva.se/globalassets/rapporter/vagval-energi/vagvalel-sveriges-framtida-elnat.pdf> (Hämtad 2020-10-15).

IVA (2016c). *Sveriges framtida elproduktion*. <https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/vagval-el/vagvalel-sveriges-framtida-elproduktion.pdf> (Hämtad 2020-10-15).

Largest companies. <https://www.largestcompanies.se/om-oss> (Hämtad 2020-11-20).

Länsstyrelsen (2020). *Förutsättningar för en trygg elförsörjning – slutrapport till regeringen*. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.61dfa31172a239705f281f3/1599461075646/Trygg%20elf%C3%B6rs%C3%B6rjning%20L%C3%A4nsstyrelsegemensam%20slutrapport%207%20sept%202020.pdf> (Hämtad 2020-09-16).

Länsstyrelsen Skåne (2020). *Trygg elförsörjning i Skåne län – Underlagsrapport*. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.61dfa31172a239705f281ef/1599461074669/Trygg%20elf%C3%B6rs%C3%B6rjning%20Sk%C3%A5ne%20-%20rapport%207%20sept%202020.pdf> (Hämtad 2020-09-16).

Länsstyrelsen Stockholm (2020). *Kartläggning och analys av elförsörjningssituationen i Stockholms län - Redovisning av regeringsuppdraget Trygg elförsörjning*. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.61dfa31172a239705f281f0/1599461074920/Trygg%20elf%C3%B6rs%C3%B6rjning%20Stockholm%20-%20rapport%207%20sept%202020.pdf> (Hämtad 2020-09-16).

Länsstyrelsen Uppsala län (2020). *Trygg elförsörjning – Uppsala län*. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.61dfa31172a239705f281f1/1599461075337/Trygg%20elf%C3%B6rs%C3%B6rjning%20Uppsala%20l%C3%A4n%20-%20rapport%207%20sept%202020.pdf> (Hämtad 2020-09-16).

Länsstyrelsen Västra Götaland (2020). *Kartläggning och analys av elförsörjningssituationen i Västra Götaland - Redovisning av Regeringsuppdrag Trygg elförsörjning*. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.61dfa31172a239705f281f2/1599461075541/Trygg%20elf%C3%B6rs%C3%B6rjning%20V%C3%A4stra%20G%C3%B6taland%20-%20rapport%207%20sept%202020.pdf> (Hämtad 2020-09-16).

NEPP (2016). *Fortsättning – reglering av ett framtida svenskt kraftsystem*.
https://www.nepp.se/etapp1/pdf/Forts_reglering_av_ett_framtida.pdf (Hämtad 2020-11-30).

NEPP (2018). *Stora effektfrågan*. https://www.nepp.se/pdf/Stora_effektfragan.pdf (Hämtad 2020-11-25).

Nätområden. <https://www.natomraden.se/om> (Hämtad 2020-11-20).

Regeringskansliet (2018). *Energipolitikens inriktning*. <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/proposition/2018/04/prop.-201718228/> (Hämtad 2020-12-19).

Regeringskansliet (2019). *Fyra länsstyrelser uppdras analysera elförsörjningen*.
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2019/10/fyra-lansstyrelser-uppdras-analysera-elforsorjningen/> (Hämtad 2020-09-04).

Svenska kraftnät (2015). *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*.
<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/anpassning-av-elsystemet-med-en-stor-mangd-fornybar-elproduktion.pdf> (Hämtad 2020-11-30).

Svenska kraftnät (2016). *Balansansvar*.
<https://www.svk.se/aktorsportalen/elmarknad/balansansvar/> (Hämtad 2020-11-24).

Svenska kraftnät (2017a). *Systemutvecklingsplan 2018-2027*.
<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2017/svenska-kraftnats-systemutvecklingsplan-2018-2027.pdf> (Hämtad 2020-10-14).

Svenska kraftnät (2017). *Slutrapport pilotprojekt flexibla hushåll*.
<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2017/slutrapport-pilotprojekt-flexibla-hushall.pdf> (Hämtad 2020-11-30).

Svenska kraftnät (2019). *Systemutvecklingsplan 2020-2029*.
<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2019/systemutvecklingsplan2020-2029.pdf>
(Hämtad 2020-11-30).

Svenska kraftnät. (2020a). *Elens vägar*. <https://www.svk.se/drift-av-transmissionsnätet/drift-och-elmarknad/elens-vagar/> (Hämtad 2020-11-24).

Svenska kraftnät (2020b). *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden, rapport 2020*.
<https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2020/kraftbalansen-pa-den-svenska-elmarknaden-rapport-2020.pdf> (Hämtad 2020-10-30).

Svenska kraftnät (2020c). *Sydvästlänken*.
<https://www.svk.se/natutveckling/transmissionsnatsprojekt/sydvastlanken/> (Hämtad 2020-12-10).

Svenska kraftnät (2020d). *Sthlmflex*. <https://www.svk.se/sthlmflex> (Hämtad 2020-11-10).

Svenskt näringsliv (2020). *Lösningar för ökad flexibilitet i elsystemet*.
https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/bu4wru_losningar-for-okad-flexibilitet-i-

[elsystemetpdf_1005693.html/BINARY/L%F6sningar%20f%F6r%20%F6kad%20flexibilitet%20i%20elsystemet.pdf](https://www.elsystemet.se/pdf/1005693.html/BINARY/L%F6sningar%20f%F6r%20%F6kad%20flexibilitet%20i%20elsystemet.pdf) (Hämtad 2020-10-30).

Upplands energi (2016). *Sveriges smartaste elnät utökas med sol, lagring och laddning*. https://www.upplandsenergi.se/omoss/39897.sveriges_smartaste_elnat.html (Hämtad 2020-11-10).

Vattenfall (2020a). *Coordinet*. <https://www.vattenfalleldistribution.se/vart-arbete/kapacitetsutmaningen/coordinet/> (Hämtad 2020-12-10).

Vattenfall (2020b). *SthlmFlex*. <https://www.vattenfalleldistribution.se/vart-arbete/kapacitetsutmaningen/stockholm-flex/> (Hämtad 2020-11-10).

Bilaga 1

Intervjuunderlag

Intervjuunderlag för lokalnätsägare

1. a) Upplever ni kapacitetsbrist i ert system?
b) Är det i så fall i hela nätverket eller endast vissa delar?
2. a) Har ni möjlighet att öka ert effektabonnemang mot överliggande nät?
b) Klarar ert lokalnät av en ökad belastning?
3. a) Om en ny industri vill ansluta eller befintlig industri vill öka sitt effektuttag, har ni möjlighet att förse det?
b) Har ni varit tvungna att avvisa industrier som söker etablering till följd av att ni inte kunnat tillgodose deras önskade effektbehov?
4. a) Arbetar ni med flexibilitetstjänster idag?
b) Om nej, varför jobbar ni inte med flexibilitetstjänster?
5. a) Planerar/pratar ni om flexibilitetstjänster för framtiden?
b) Anser ni att det finns tekniska hinder för införande av flexibilitetstjänster?
6. a) Vilka incitament behövs för underlättning av flexibilitetstjänster?
b) Kan det gynna ert nät/företag att införa flexibilitetstjänster?

Intervjuunderlag för industrier

1. Vilken typ av industri?
2. Vad är ert effektbehov (MW)?
3. a) Påverkar elpriset er produktion?
b) Drar ni ner på er elanvändning vid höga elpriser?
c) Minskar ni i så fall på energikrävande processer eller har ni egen elproduktion att starta?
4. a) Kan ni vara flexibla i er produktion?
b) Kan ni tillämpa laststyrning?
c) Om ni kan vara flexibla, hur snabbt kan ni minska er energiförbrukning?
5. a) Har ni ett intresse av att vara flexibla?
b) Skulle det gynna er ifall ni var flexibla?
c) Vilka incitament behövs för att ni ska kunna/vilja vara flexibla med ert effektuttag?
6. a) Har ni behov av mer energi (högre effektuttag) i framtiden än det ni använder idag?
b) Har ni bett om högre effektuttag? Har det då godkänts eller nekats av nätägaren?

Bilaga 2

Deltagande lokalnät

<i>Lokalnät</i>	<i>Datum då intervju genomfördes</i>
Sölvesborg Energi	29 augusti 2020
Olofströms Kraft	29 augusti 2020
Värnamo Energi	22 september 2020
Ljungby Energi	29 september 2020
Jönköping Energi	2 oktober 2020
Vaggeryds Energi	2 oktober 2020
Bjärke Energi	5 oktober 2020
Brittedals Elnät	5 oktober 2020
Ystad Energi	6 oktober 2020
Karlskoga Energi	8 oktober 2020
Falbygdens Elnät	8 oktober 2020
Kraftringen	8 oktober 2020
Skånska Energi	12 oktober 2020
Herrljunga Elektriska	12 oktober 2020
Sjöbo Energi	12 oktober 2020
Falu Energi	13 oktober 2020
Ulricehamns Energi	13 oktober 2020
Kvänum Energi	13 oktober 2020
Sala-Heby Energi	13 oktober 2020
Södra Hallands Kraft	15 oktober 2020
Öresundskraft	19 oktober 2020

Bilaga 3

Deltagande industrier

<i>Industri</i>	<i>Kategori</i>	<i>Datum då intervju genomfördes</i>
Ecolean	Plastindustri	3 oktober 2020
Rottneros Bruk	Massa- och pappersindustri	5 oktober 2020
Hylte Bruk	Massa- och pappersindustri	15 oktober 2020
Nouryon Surface Chemistry	Kemiindustri	20 oktober 2020
Erasteel Kloster	Järn-, stål- och metallindustri	22 oktober 2020
Outokumpu Stainless	Järn-, stål- och metallindustri	27 oktober 2020
SSAB	Järn-, stål- och metallindustri	27 oktober 2020
Metsä Tissue	Verkstads- och övrig tillverkningsindustri	3 november 2020
Bona	Kemiindustri	5 november 2020
Sandvik	Järn-, stål- och metallindustri	5 november 2020
Uddeholm	Järn-, stål- och metallindustri	5 november 2020
AR Packaging	Plastindustri	10 november 2020
Trioplast	Plastindustri	10 november 2020
Petainer	Plastindustri	10 november 2020
Nordic Paper Bäckhammar Bruk	Massa- och pappersindustri	19 november 2020
Volvo Cars	Verkstads- och övrig tillverkningsindustri	13 november 2020
Kinnarps	Verkstads- och övrig tillverkningsindustri	19 november 2020
Polykemi	Plastindustri	19 november 2020
Holmen Paper Braviken	Massa- och pappersindustri	8 december 2020