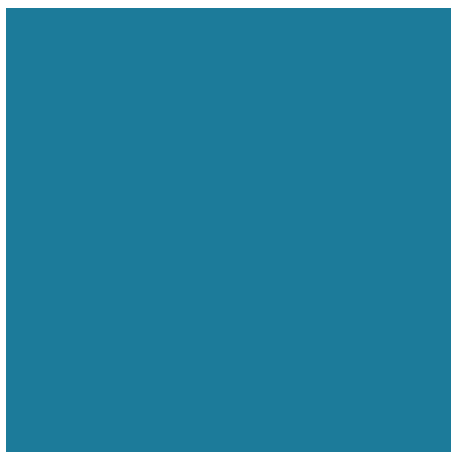
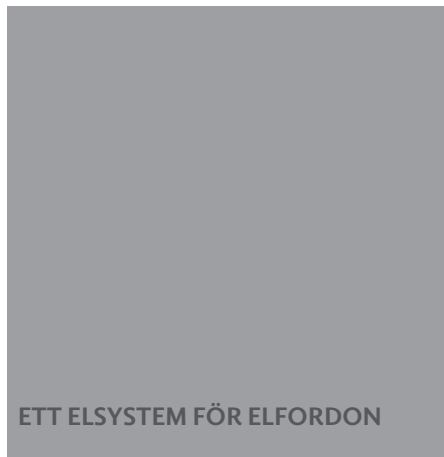
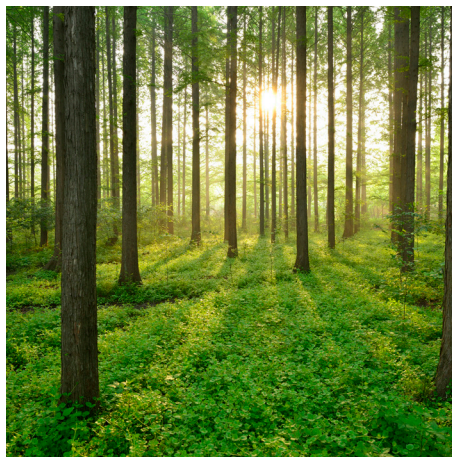


# ÅTGÄRDER FÖR ATT SÄKERSTÄLLA EN STORSKALIG ELEKTRIFIERING AV FORDONSFLOTTAN

RAPPORT 2023:967



# Åtgärder för att säkerställa en storskalig elektrifiering av fordonsflottan

Ett elsystem för elfordon

CATARINA NAUCLER, FILIPPA TELIN OCH YURI JOELSSON, SWECO

ISBN 978-91-7673-967-9 | © Energiforsk december 2023

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

## Förord

Forskningsprojektet *Ett elsystem för elfordon* har som syfte att ta ett helhetsgrepp om den förväntade elektrifieringen av fordonsflottan och dess inverkan på elsystemet. Både på nationell och EU-nivå finns mål att göra transportsektorn oberoende av fossilt bränsle, och detta innebär en omställning som erbjuder både möjligheter och utmaningar. I denna delrapport från projektet redovisas förslag på åtgärder och lösningar för att möta utmaningar för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan som pekats ut inom projektet.

Totalt består ramprojektet av fem arbetspaket, varav de resultat som presenteras i denna rapport framkommit ur AP4:

- AP1 Prognoser och scenarier
- AP2 Kartläggning och nulägesbeskrivning
- AP3 Elsystem och elnät
- **AP4 Åtgärder och lösningar**
- AP5 Syntes och rekommendationer

Detta arbetspaket har utförts av Sweco. Övriga utförare i ramprojektet är Chalmers tekniska högskola, Handelshögskolan i Göteborg, Power Circle och Profu. Samtliga utförare bidrar med värdefull feedback och information även i arbetspaket där de inte har huvudansvaret. Även programmets styrgrupp har varit delaktiga med inspel och kommentarer på de resultat som producerats från projektets forskningsaktiviteter. I styrgruppen ingår följande organisationer: Energimyndigheten, Svenska kraftnät, Ellevio, Elinorr, Kraftringen, Region Skåne, Öresundskraft, Göteborg energi, Skellefteå kraft, Tekniska verken, Energiföretagen Sverige, Jönköping energi, Transportföretagen, Volkswagen, Checkwatt, Umeå energi elnät, Volvo Cars, Luleå Energi, Mölndal energi, Nässjö Affärsverk Elnät AB, Oxelösund energi, Skövde energi, Södra Hallands kraft, Trollhättan energi, DEFA, Karlstads el och stadsnät, Krafthem, Siemens, Batteryloop och Einride

**Stockholm, november 2023**  
**Madelene Danielzon Larsson**  
**Programansvarig, Energiforsk**

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

## Sammanfattning

**Sverige har som klimatmål att minska utsläppen från inrikes transporter, exklusive flyg, med minst 70% till 2030 jämfört med 2010 års nivåer. Elektrifiering av transportsektorn är avgörande för att uppnå detta mål. En stor utmaning för storskalig elektrifiering av fordonsflottan är kapacitetsbegränsningar i elnätet, vilket ofta kräver omfattande nätförstärkningar för att kunna installera laddinfrastruktur med hög effekt. Det finns en oro att utbyggnaden av laddinfrastruktur inte kommer kunna hålla jämna steg med utvecklingen av antalet laddbara fordon på vägarna, vilket riskerar att hindra elektrifieringen. Därför undersöker och utvärderar detta arbetspaket åtgärder för att övervinna hinder för storskalig elektrifiering av fordonsflottan. En rad föreslagna åtgärder, främst relaterade till hinder som identifierats i projektets tidigare arbetspaket, presenteras och utvärderas.**

Ett av de största hindren för storskalig elektrifiering av fordonsflottan är bristen på kapacitet i elnätet, vilket förhindrar ökade effektuttag. Eftersom utbyggnad av elnät traditionellt är förknippat med långa ledder och stora investeringar finns det anledning att undersöka vilka alternativ som finns. För att hantera denna utmaning finns en rad olika alternativa lösningar på marknaden – en kombination av dessa lösningar kan spela stor roll i att frigöra kapacitet i elnäten, på både kort och lång sikt. Dessa lösningar handlar både om att nyttja befintliga nätresurser mer effektivt samt att tillämpa nya arbetssätt och tekniska lösningar.

Många aktörer från olika typer av verksamheter efterfrågar mer regional samordning och kommunikation. De kommande nätutvecklingsplanerna kan bli ett mycket effektivt kommunikationsverktyg mellan nätbolagen och aktörer som vill ansluta, speciellt i kombination med prognoser över planerad utveckling baserat på planer från elproducenter och elanvändare inklusive nya etableringar i form av industri, bostäder, laddinfrastruktur. För att nå nyttorna med ta fram dessa typer av prognoser behöver flera olika aktörer samordna och kommunicera sina planer till varandra.

Införandet av nya funktionskrav för lågspänningskundernas elmätare gör att nätbolag kan få en djupare förståelse för olika kunders lastprofiler och konsumtionsmönster genom analys av mätardata. Denna förståelse kan användas för att hantera variationer i belastningar. Genom att nyttja mer högupplöst data från användarna är det även möjligt för nätbolagen att effektivisera sin verksamhet genom att fatta välinformerade beslut kring investeringar, planering och dimensionering, samt drift och underhåll av elnäten, vilket kan leda till mer effektiva elnät.

Nätbolag kommer att behöva samla in, hantera och analysera stora mängder data inom några år. Men många saknar för närvarande denna kompetens och därför bör nätbolag fokusera på att rekrytera och prioritera dessa kompetenser för att lyckas implementera de smarta lösningar som krävs.

Dagens utformning av intäktsregleringen ger små eller inga incitament för nätbolagen att satsa på alternativ till nätinvesteringar. Det är viktigt att skapa incitament för nätbolagen att utforska alternativa åtgärder, som i många fall kan vara snabbare och billigare att implementera, samt att låta nätbolagen även ta hänsyn till den typen av investeringar inom ramen för intäktsregleringen.

Villkorade avtal betraktas som ett viktigt och mycket användbart verktyg för nätbolag, men ännu råder osäkerhet kring när de bör användas. Branschpraxis kan tas fram bland annat för hur elnätsbolagen ska påvisa att kriterierna för undantag i artikel 13 punkt 3 i elmarknadsförordningen är uppfyllda. Vidare föreslås en dialog mellan elnätsbolag och laddoperatörer för att skapa samsyn kring när villkorade avtal är att föredra.

Nätpriser som på ett mer rättvist sätt reflekterar verkligheten gör att pris kan användas som styrsignal för kunder som vill variera sin konsumtion. Det finns gott om exempel på att dynamisk prissättning är ett bra och effektivt sätt att styra konsumenters beteende. Mer avancerade nättariffer möjliggör också att algoritmer för smart laddning, vilka i dagsläget ofta är baserade på elpris, även kan ta hänsyn till nätkapacitet.

Lokala energilager i form av stationära batterier gör det möjligt för aktörer, exempelvis laddoperatörer, att snabbare kunna etablera sin verksamhet om nätkapacitet saknas, eller utöka kapacitet i en befintlig anslutningspunkt, eftersom batteriet kan laddas under låglasttimmar. Vidare kan batteriet bidra med systemtjänster som kan innebära ytterligare intäkter, vilket ofta också krävs för att betala den stora investering som batteriet utgör.

V2G är ännu en ung teknik som trots stor potential att frigöra kapacitet är förknippat med många och komplexa hinder. Det handlar framför allt om att det finns andra åtgärder som har liknande funktion med lägre komplexitet.

Lokala flexibilitetsmarknader tillskrivs stor potential av nätbolag, men marknaderna lider idag av låg likviditet. Det föreslås därför att fortsatta projekt bör identifiera incitament för ökat deltagande.

## Nyckelord

*Laddinfrastruktur, elektrifierade transporter, elnätskapacitet, vehicle-to-grid, flexibilitet.*

## Summary

**Sweden has a goal to reduce emissions from domestic transport, excluding aviation, by at least 70% by 2030, compared to 2010. Electrification of the transport sector is fundamental to achieve this goal. A major challenge to large-scale electrification of the transport sector is capacity constraints in the electricity grid, which often require extensive grid reinforcements to enable installing of charging infrastructure. There is concern that the build out of charging infrastructure will not keep up with the increasing number of electric vehicles, which risks hindering electrification. Therefore, this work package investigates and evaluates measures to overcome barriers to large-scale electrification of the vehicle fleet to achieve emission reduction goals.**

A range of proposed measures, primarily related to obstacles identified in the project's earlier work packages, are presented and evaluated. One of the main barriers to electrification is the lack of capacity in the electricity grid. Since grid reinforcements are traditionally associated with long lead times and large investments, it is important to investigate alternatives. A combination of solutions suggested in this report can play a significant role in freeing up capacity in the grids, both in the short and long term. These solutions involve utilising existing grid resources more efficiently, as well as applying new working methods and technical solutions.

Many stakeholders from various sectors request more regional coordination and communication. Future grid development plans can become a very effective communication tool between grid companies and actors who want to connect, especially in combination with forecasts of planned development of electricity producers and users. To realize the benefits of developing these types of forecasts, several different actors need to coordinate and communicate their plans with each other.

The introduction of new functional requirements for low-voltage customers' electricity meters allows grid operators to gain a deeper understanding of different customers' load profiles and consumption patterns through analysis of meter data. This understanding can be used to manage variations in loads. By utilising high-resolution data from users, grid operators can also optimise their business by making more informed decisions regarding investments, planning and sizing, and operation and maintenance of the grids, which can lead to increased overall efficiency.

Grid operators will soon need to collect, manage, and analyse large amounts of data. Many currently lack this expertise, and therefore, grid operators should focus their efforts on recruiting and prioritising these skills to be able to successfully implement the smart solutions that will be necessary.

The current design of the revenue regulation, "intäktsregleringen", for grid operators provides little or no incentives to invest in alternatives to new cables. It is

important to create incentives for grid operators to explore alternative measures that are often faster and cheaper to implement, and to allow grid operators to consider these types of investments within the framework of revenue regulation.

Non-firm connection agreements, “villkorade avtal”, are considered an important and very useful tool for grid operators, but there is still uncertainty about when they should be used. Industry practice can be developed for how electricity grid companies should demonstrate that the criteria for exemptions under Article 13 (3) of the Electricity Market Regulation are met. Furthermore, a dialogue is proposed between electricity grid companies and charging operators to create consensus on when non-firm connection agreements should be used.

Local energy storage in the form of stationary batteries enables actors, such as charging operators, to establish their business more quickly if grid capacity is lacking or to increase capacity in an existing connection point, since the battery can be charged during off-peak hours. Furthermore, the battery can contribute with system services that can generate additional revenue, which is often required TO cover the large investment in the battery.

V2G is a young technology that, despite its great potential to free up capacity, is associated with many complex obstacles.

Local flexibility markets are considered to have great potential by grid operators, but markets suffer from low liquidity. Therefore, incentives for increased participation should be investigated.

## Ordlista

<b>BSP</b>	"Balance service provider", leverantör av balanstjänster
<b>BRP</b>	"Balance responsible party", balansansvarig part
<b>DSO</b>	Distributionsnätsoperatör, systemansvariga företag för lokal- och regionnät
<b>FSP</b>	"Flexibility service provider", flexibilitetsleverantör
<b>TSO</b>	Transmissionsnätsoperatör, i Sverige är detta Svenska kraftnät
<b>V2X</b>	Vehicle to anything, ett begrepp som vanligtvis inkluderar V2G, V2B, V2H, V2L m.m.
<b>V2B</b>	Vehicle to building. Teknik där ett elfordons batteri används för att täcka ett elbehov för en byggnad där den står inkopplad
<b>V2G</b>	Vehicle to grid. Ett elfordons batteri bidrar med tjänster till nätet medan den står inkopplad



## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>10</b>
1.1	Arbetsprocess och metod	10
1.2	Avgränsningar	15
1.3	Disposition	15
<b>2</b>	<b>Kapacitetsbrist hinder för elektrifiering – finns mer än en lösning</b>	<b>16</b>
2.1	Sveriges elnät	17
2.2	Sammanfattning av tidigare arbetspaket	19
<b>3</b>	<b>Åtgärdsförslag</b>	<b>22</b>
3.1	Behov av ny branschpraxis för att säkerställa nätkapacitet vid rätt tidpunkt	24
3.2	Teknik och marknad för flexibla lösningar	32
3.3	Förändrade policy och regelverk	51
<b>4</b>	<b>Referenslista</b>	<b>61</b>
<b>Bilaga A:</b>	<b>Resultat från WS1</b>	<b>66</b>
<b>Bilaga B:</b>	<b>Resultat från WS2</b>	<b>67</b>

# 1 Inledning

*Ett elsystem för elfordon* är ett branschöverskridande forsknings- och samverkansprojekt som syftar till att säkerställa att samspelet mellan elsystemet, elnätet och laddinfrastrukturen är väl anpassad till en snabb och storskalig elektrifiering av fordonsflottan ur ett lokalt, regionalt och nationellt perspektiv.

Inom det klimatpolitiska ramverket är huvudmålet att Sverige ska uppnå nettonollutsläpp senast år 2045. Dessutom finns ett separat etappmål för transportsektorn, som anger att utsläppen från inrikes transporter, exklusive flyg, ska minska med minst 70 % år 2030 jämfört med 2010 års nivåer<sup>1</sup>. En grundförutsättning för att vi ska nå dessa mål är en elektrifiering av både transportsektor och industri.

En av de mest påtagliga utmaningarna med en storskalig elektrifiering av fordonsflottan är kapacitetsbristen som på många platser innebär att omfattande nätförstärkningar krävs för att kunna installera laddare med högre effekter. Det finns en oro att utbyggnaden av elnät och laddinfrastruktur inte ska hålla samma takt som utvecklingen av antalet laddbara fordon på marknaden, vilket riskerar att hålla tillbaka elektrifieringen. Elektrifieringen av fordonsflottan väntas vidare leda till kraftigt ökade krav på elsystemets leveransförmåga såväl som elnätets förmåga att hantera höga och intermittenta effektuttag. Samtidigt ökar även andelen förnybara kraftslag i elproduktionen, vilket ställer ytterligare krav på elnätet.

En central problemformulering inom projektet är således hur elsystemet kan hantera de krav som ställs i samband med en storskalig elektrifiering av transportsektorn. För att möta de utmaningar som uppkommer och utveckla effektiva lösningar är det av stor betydelse att olika aktörer inom elnätsbranschen och transportsektorn samverkar för att bidra till ökad kunskap och innovation. En palett av olika typer av åtgärder och lösningar behöver implementeras för att säkerställa tillgänglig nätkapacitet samt möjliggöra effektiv produktion och distribution av el.

I denna rapport presenteras resultat från arbetspaket 4 (AP4) i projektet *Ett elsystem för elfordon*. AP4 syftar till att ta fram åtgärdsförslag och lösningar som bedöms krävas för att möjliggöra en storskalig elektrifiering av fordonsflottan till 2030. Fokus i AP4 ligger på att analysera och förstå samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät. AP4 är i sin tur indelat i fyra delleranser. Denna rapport presenterar resultat kopplade till AP4.1 *Ledtider*, AP4.2 *Styrning av laddning* samt AP4.4 *Regulatoriska aspekter/standardisering*. AP4.3 som berör affärsmodeller presenteras i en separat rapport framtagen av Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet (HGU).

## 1.1 ARBETSPROCESS OCH METOD

Arbetet i AP4 har genomförts mellan april och oktober 2023. AP4s resultat baseras på inspel från övriga arbetspaket, intervjuer, två workshops och litteraturstudier.

<sup>1</sup> Naturvårdsverket. Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk. 2023

Arbetspaketet inleddes med att ta del av de resultat som fanns att tillgå från tidigare genomförda arbetspaket inom projektet, framför allt identifierade förutsättningar för storskalig elektrifiering som identifierats i AP2, som har utgjort grunden för åtgärdsförslagen som presenteras i detta AP.

Tidigt i arbetspaketet genomfördes intervjuer för att få en helhetsbild av arbetspaketets omfattning, genom att väga in olika intressenters synvinklar. Intervjuerna genomfördes med representanter från en varierad grupp företag och organisationer med intressen i elnäts- och transportsektorn. Intervjuerna var semistrukturerade och utgick från ett antal öppna frågor som kompletterades med fördjupande följdfrågor. Frågorna fokuserade främst på hur intervjuobjekten ser på olika lösningar och åtgärdsförslag för att möjliggöra en storskalig elektrifiering av transportsektorn. Alla intervjuer utgick från en gemensam intervjuguide, med viss modifikation inför varje intervju för att matcha intervjuobjektens specifika bransch- eller yrkesinriktning. Sammantaget genomfördes 9 intervjuer, se Tabell 1.













**Tabell 1.** Genomförda intervjuer AP4

#	Aktör	Roll	Datum
1	Aggregator	Affärsutveckling	2023-05-23
2	Laddoperatör	Policy	2023-05-25
3	Branschorganisation	E-mobility	2023-05-25
4	Fordonstillverkare	E-mobility & laddning	2023-05-26
5	Nätbolag	Affärsutveckling	2023-05-26
6	Aggregator	Stödtjänstmarknader	2023-05-30
7	Svenska kraftnät	Balansmarknader	2023-05-31
8	Branschorganisation	E-mobility	2023-06-07
9	Fordonstillverkare	Policy	2023-06-13

Valet av intervjuobjekt baserades på områdeskunskap och position inom respektive organisation. Målet var att få en bred representation från organisationer med olika typer av roller i elektrifieringen, både från transportsektorn, nätsidan såväl som aktörer som erbjuder olika typer av styrtjänster och flexibilitetstjänster.

#### *Workshop 1*

Den första workshopen (WS1) arrangerades inom programmet av Profu och Energiforsk i syfte att förankra och inhämta ytterligare kunskap till projektet. Under WS1 genomfördes en övning ledd av Sweco, där deltagarna individuellt eller i mindre grupper identifierade värdeskapande kopplat till olika smarta laddningskoncept. Detta gjordes med hjälp av en matris, se Figur 1. Även i AP4.3 beskrivs affärsmodeller med liknande modell använt utifrån laddningens placering och behov av laddhastighet.

  Integrerad						
  Smart						
 Timer						
 Dum						
	Enfamiljshus 	Flerfamiljshus 	Arbetsplats 	Destination 	Snabbladdplats 	Depå 

**Figur 1.** Matris som undersökte värdet av olika avancerade koncept för styrning i olika kontexter i WS1. I varje ruta fick deltagarna fylla i det värde man såg för varje kombination av typladdplats och laddkoncept.

Efter matrisövningen fördes en diskussion utifrån behov vid olika typer av laddplatser för att förstå möjligheter och potential för olika nivåer som innebär olika koncept för smart laddning. Deltagarna uppgick till ett trettiotal och representerade olika typer av organisationer, allt ifrån näringsliv, fordonstillverkare, nätbolag, kommuner, myndigheter och transportföretag. Resultatet från matrisövningen i WS1 presenteras i Bilaga A:

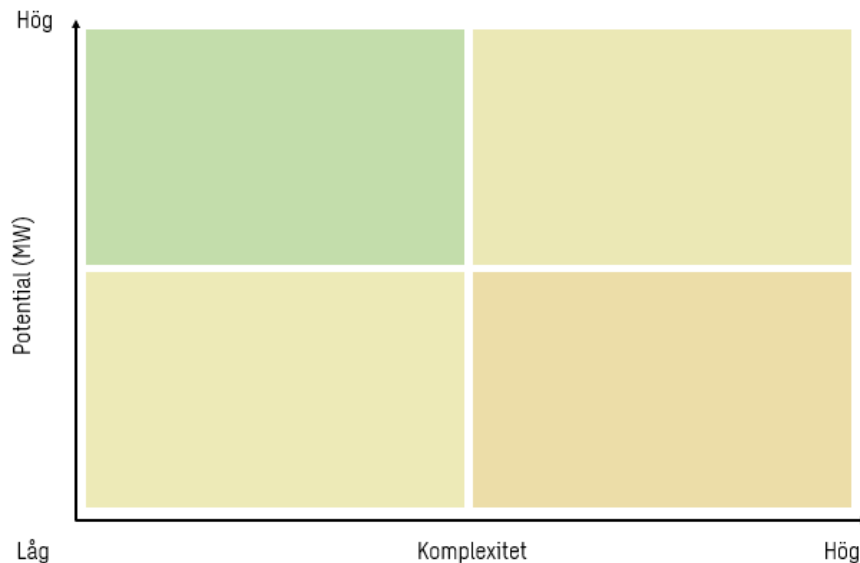
#### Workshop 2

Den andra workshopen som genomfördes, WS2, fokuserade på nätägarnas perspektiv. WS2 arrangerades digitalt och totalt deltog 10 representanter från olika nätbolag. WS2 syftade till att värdera de åtgärdsförslag som formulerats under projektets gång och fånga nätägarnas syn på dessa. Listan över åtgärdsförslag som värderades, Tabell 2, utgick ifrån de behov som olika aktörer hade för att främja elektrifieringen av fordonsflottan enligt resultaten från AP2, se Tabell 3 på sida 20. Resultaten från AP2 användes som utgångspunkt då AP4 hade som delsyfte att analysera åtgärder och lösningar på problem som identifierats i tidigare arbetspaket. Identifierade behov i AP2 bygger på enkätsvar från 26 nätbolag samt 28 andra aktörer, såsom kommuner, regioner, energikontor, leverantörer av laddinfrastruktur och branschorganisationer. Enkäten ställde bland annat frågan vad aktörerna behöver för att underlätta eller möjliggöra en storskalig elektrifiering av fordonssektorn. Efter vidareutveckling av listan med identifierade behov erhöles de åtgärdsförslag som Tabell 2 presenterar.

Tabell 2. Åtgärdsförslag som värderades i WS2.

	Åtgärdsförslag	Förklaring
1	Förkortade ledtider vid nätutbyggnad	Ei:s regeringsuppdrag om förkortade ledtider för nätutbyggnad har kommit fram till att detta handlar mycket om utökad dialog och samarbete, men även andra åtgärder som att tidigarelägga vissa delar av arbetet samt att tillämpa parallell handläggning av koncession och ledningsrätt
2	Tydligare kommunicerad plan av planerad elektrifiering	Förbättrad kommunikation om prognoser för framtida effektbehov från användare (till exempel industri och laddoperatörer) till nätbolagen
3	Allmänt utökad informationsutbyte	Region – kommun – nätbolag (lokal och regional) samt laddoperatörer och kunder. Många önskar tidig dialog och ett öppet forum för diskussioner och planering
4	Förbättrade analysmetoder	Det finns en önskan om att gemensamt inom branschen ta fram nya lastprofiler för typkunder (till exempel villa, flerbostadshus, kontor, publika laddplatser) för att underlätta dimensionering av elnät
5	Rapporteringskrav för laddinfra för privatpersoner	Om privatpersoner som installerar laddinfrastruktur rapporterar det till nätbolaget skulle planeringen och prioritering av nätförstärkningar underlättas.
6	Uppgraderade elmätare hos kund	Flera nätbolag saknar i dagsläget möjlighet att mäta timvärden, men även realtidsdata för effekt och spänning i lågspänningsnätet. Genom den pågående uppgraderingen av elmätare hos respektive kund är målet att få ökad information om elnätets användning
7	Konsensus kring tekniska standarder	Olika typer av tekniska standarder för mjukvara och hårdvara som främjar flexibilitet, V2X, smarthet. Ger enklare/snabbare väg från teoretisk förståelse till handling
8	Lokala flexmarknader	Kan hjälpa till med avlastning, som komplement till nätutbyggnad genom att sälja flex på marknad
9	Förbrukningsflexibilitet	Generella åtgärder som sänker behovet i höglasttimmar genom att flytta/minska förbrukning, eller genom prisberoende bud
10	Energilager	Buffert i anslutningspunkt, oftast i form av stationära batterier. Kan möjliggöra anslutning i ett ansträngt nät samt hjälpa till att jämna ut lastprofilen
11	Villkorade anslutningsavtal	Anslutningsavtal som innebär att nätföretaget kan begränsa kundens effektinmatning- eller uttag i situationer då nätet riskerar att bli överbelastat. Ska ses som en övergångslösning för att kunna tillåta nyanslutningar i redan ansträngda nät
12	Införande av effekttariffer	Avgiftsmodell som baseras på uppmätta effekttoppar. Målet är att ge en tydligare signal om, och i förlängningen sätta korrekt pris på, kapacitetsproblematik
13	V2X	Tvåvägsladdning, batterier i fordon kan på olika sätt nyttjas för att bidra med kapacitet till nätet vid behov
14	Införande av oberoende aggregatorer	Harmonisering av regelverk med EU-direktiv och förenklad aggregering av mindre resurser
15	Fler pilotprojekt som undersöker nya tekniker, såsom smart laddning och V2X	Kompetenshöjande i flera led, forum för diskussion mellan aktörer. Pilotprojekt kan användas för att förstå hur regelverk tillämpas i praktiken, hur affärsmodeller fungerar samt hur teknik fungerar.

En fyrfältare användes för att värdera åtgärdsförslagen baserat på sin potential och komplexitet, se Figur 2. Med potential avses en kvalitativ värdering av nytt effektbidrag till följd av åtgärden, alternativt åtgärdens förmåga att frigöra kapacitet i befintliga nät. Komplexitet syftar till att bedöma åtgärdens genomförbarhet baserat på aspekter såsom antal involverade aktörer, stöd eller hinder i regelverk, avsaknad av befintliga affärsmodeller eller kommersialiserade tekniska lösningar.



Figur 2. Fyrfältare som användes för att värdera åtgärdsförslag i WS2.

De 10 representanterna från nätbolagen delades upp i två grupper och fick diskutera och värdera åtgärdsförslagen. Åtgärdsförslagen färgkodades efter olika kategorier, nämligen affärsmodeller, teknik och innovation, policy, samt kompetens/roller/kommunikation. Syftet med detta var att försöka urskilja trender i resultaten. Att åtgärder är förenliga med nätägarnas arbete ansågs vara av särskild vikt då nätägarna i slutändan kommer att vara utsedda att implementera många av de föreslagna åtgärderna. Detta innebär inte att åtgärder som är lågt hängande frukter värderas högre, utan att åtgärdsförslagen som tas fram är rimliga och effektiva för nätbolagen att implementera. Att ta fram åtgärdsförslag som ligger för långt från nätbolagens verksamhet kan bli ineffektivt, då det innebär en tidskrävande implementeringsfas och eventuellt kräver andra typer av resursen av vad som för nuvarande finns tillgängligt hos nätbolagen. Ytterligare resultat från WS2 i form av ifylld fyrfältare presenteras i Bilaga B:

Utöver de genomförda intervjuerna och workshoptillfällena har litteraturstudier genomförts för att inhämta information och fördjupa analyser av teknikutveckling, policy, regelverk och affärsmodeller. Dialog och samtal har förts med övriga projektmedlemmar i projektet *Ett elsystem för elfordon* för att säkerställa förankring och kunskapsöverföring mellan de övriga arbetspaketen.

## 1.2 AVGRÄNSNINGAR

Det övergripande syftet med projektet *Ett elsystem för elfordon* är att utarbeta en omfattande strategi och färdplan med åtgärdsförslag som bidrar till att säkerställa att laddningsinfrastruktur, elsystem och elnät är väl anpassade för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan fram till 2030. Projektet strävar efter att belysa de framväxande behoven och utmaningarna som uppstår i samband med omställningen till en elektrifierad transportsektor, och ta fram förslag på lösningar som säkerställer ett robust och hållbart elsystem som klarar av det ökande antalet elektrifierade fordon på vägarna.

Elektrifiering av fordonsflottan kan inkludera många tekniker. Utöver elektrifiering i form av övergång från fossila drivlinor till batteridrift, ingår ofta även etablering av elvägar och indirekt elektrifiering med vätgas i begreppet. Denna rapport behandlar i huvudsak utmaningar och åtgärdsförslag som är relevanta för stationär laddinfrastruktur för laddning av batteridrivna fordon. Även batteribyte är utanför avgränsningarna.

Slutligen är det värt att understryka att denna rapport i huvudsak fokuserar på hur de föreslagna åtgärderna kan bidra till en snabbare och mer omfattande elektrifiering av fordonsflottan. Åtgärdsförslagen analyseras och beskrivs i relation till hur de bidrar till att säkerställa att elsystemet och elnätet har tillräckligt med kapacitet för att hantera en storskalig elektrifiering. Många av de föreslagna åtgärderna i denna rapport kan dock bidra till flertalet andra användningsområden och kan gynna elsystemet på flera olika sätt – exempelvis genom att jämna ut effektoppar. Dessa övriga områden berörs dock inte djupare inom ramarna för denna rapport.

## 1.3 DISPOSITION

Denna rapport har följande innehåll och struktur:

- Kapitel 2 ger en övergripande beskrivning av relevant bakgrund samt sammanfattar slutsatser och åtgärdsförslag som identifierats i projektets tidigare arbetspaket.
- Kapitel 3 presenterar en rad konkreta förslag på åtgärder som kan agera alternativ till nätförstärkningar och bidra till att möjliggöra en storskalig elektrifiering av transportsektorn.
  - × Först presenteras åtgärder som syftar till att säkerställa nätutbyggnad på ett resurseffektivt och tidseffektivt sätt
  - × Därefter presenteras åtgärder kopplat till system för smart styrning av laddning, flexibilitet, V2X och energilager.
  - × Slutligen fokuseras på hur hinder i regelverk kan undanröjas, samt hur regelverk bättre kan stötta och underlätta för storskalig elektrifiering av fordonsflottan

## 2 Kapacitetsbrist hinder för elektrifiering – finns mer än en lösning

I linje med Sveriges nationella mål om nettonollutsläpp år 2045 står det klart att omfattande åtgärder kommer att krävas för att minska utsläppen och främja omställningen till ett fossilfritt samhälle. Energiomställningen och en storskalig elektrifiering av transporter och industri är centralt för att Sverige ska kunna nå sina klimatmål. Flertalet aktörer spår att den storskaliga elektrifieringen kan innebära att Sveriges elanvändning ökar med mellan 100 och 300 procent fram till år 2045, vilket innebär ett omfattande investeringsbehov i elnäten för att möta den ökande efterfrågan.<sup>2</sup> Ett av de huvudsakliga hindren för elektrifieringen är bristen på kapacitet i elnätet, som förhindrar ökade effektuttag. Detta gäller både på transmissions- och distributionsnivå. Kapacitetsbristen är särskilt påtaglig i vissa regioner – idag gäller det framför allt storstadsregionerna och södra Sverige, men framöver också de norra delarna av Sverige när stora delar av industrin ska elektrifieras.<sup>3</sup> Eftersom elektrifieringen är beroende av ett väl fungerande elnät står det klart att elnätets utbyggnadstakt måste öka. I dagsläget upplever flertalet aktörer att det saknas en samlad politisk handlingsplan för elnätets utveckling, vilket väcker oro för att den planerade utbyggnaden och förstärkning av elnäten kommer ta sådan tid att den riskerar att utgöra hinder för elektrifieringen av både transport- och industrisektorn.<sup>4</sup>

Traditionella nätförstärkningar är dock inte den enda lösningen för att möta kapacitetsbristen. För att hantera denna utmaning finns en rad olika alternativa lösningar på marknaden – en kombination av dessa lösningar kan spela stor roll i att frigöra kapacitet i elnäten, på både på kort och lång sikt. Kapacitetsbrist uppstår i regel endast under ett fåtal timmar på året, vilket innebär att det finns goda möjligheter att optimera och nyttja det befintliga elnätet mer effektivt för att på så vis undvika kostsamma investeringar och utbyggnad av elnätet. Utöver nätförstärkningar finns en rad alternativa lösningar på kapacitetsbristen såsom flexibilitetstjänster, villkorade avtal, nya typer av affärsmodeller, förändrad prisstruktur och tariffer, förändringar i regelverk och standarder som tillåter nya sätt att nyttja infrastrukturen, kompetenshöjande åtgärder, samt nya tekniker såsom AI, smart laddning, vehicle-to-grid (V2G) och energilagring.

Just nu pågår en intensiv utbyggnad av laddinfrastruktur för personbilar, men snart väntas behovet av laddinfrastruktur öka även för större flottor av både lätta och tunga lastbilar. Vid utbyggnad av laddinfrastruktur är ett fungerande elnät med tillräcklig kapacitet en viktig grundförutsättning. Utöver kapacitetsbristen finns ett flertal andra utmaningar som utgör hinder för en effektiv utbyggnad av laddinfrastruktur. Nätbolag runt om i Sverige upplever en kraftig ökning i antalet anslutningsförfrågningar, och långa ledtider och ineffektiva tillståndsprocesser för nya nätanslutningar lyfts ofta som ytterligare ett stort hinder mot elektrifieringen.

<sup>2</sup> Lindholm, Kalle. Elnätet – distribution av el. Energiföretagen. 2023.

<sup>3</sup> Sweco. Elnätsrapporten 2023. 2023.

<sup>4</sup> Power Circle. LOKAL ENERGILAGRING ELLER TRADITIONELLA NÄTFÖRSTÄRKNINGAR. 2023.



## 2.1 SVERIGES ELNÄT

Elnätet består av transmissionsnät samt distributionsnät (regionnät och lokalnät). Transmissionsnätet, även kallat stamnätet, transporterar el från producenterna till de regionala distributionsnäten. Transmissionsnätet liknas ofta vid "elnätets motorvägar" och transporterar stora mängder el långa sträckor. Transmissionsnätet löper från norr till söder och ansluter stora produktionsanläggningar och stora elanvändare till elnätet. Transmissionsnätet ägs och förvaltas av Svenska kraftnät, som även ansvarar för att elsystemet som helhet fungerar – detta inkluderar både transmissions- och distributionsnät samt alla anläggningar och platser där el produceras och används.

Distributionsnäten används för vidaredistribution av el till och från transmissionsnätet. Distributionsnäten består av regionnät och lokalnät. Regionnäten transporterar el mellan transmissionsnät och lokalnät. Stora elanvändare, som industrier, och en del mellanstora producenter, till exempel vindkraft, är anslutna direkt till regionnätet. Det är vanligt att snabbbladdningsstationer, liksom vindparker och större industrier, är anslutna direkt till regionnätet. Regionnäten ägs och förvaltas av ett tiotal regionnätsföretag, där de största är Ellevio, Vattenfall Eldistribution och E.ON Energidistribution. De tre största regionnätsföretagen står för över 90 % av alla kunder och 98,2 % av den uttagna energin.<sup>5</sup>

Lokalnätet transporterar elen den sista biten ut till elanvändare såsom hushåll och företag. Mindre elproducenter såsom småskalig vattenkraft och solcellsanläggningar kan vara anslutna till lokalnätet. Under 2021 fanns det 149 lokalnätsföretag i Sverige.<sup>6</sup>

Planering och utbyggnad av transmissionsnätet görs av Svenska kraftnät baserat på prognoser över elanvändningen. Prognosen är en helhetsbild som syftar till att visa vilka förstärkningar av transmissionsnätet som behövs, samt eventuella utlandsförbindelser. Prognosen beräknas enligt nationella kalkyler över uppskattat effektbehov. Svenska kraftnäts förstärkningar till regionnäten baseras på inkomna ansökningar om utökat effektuttag som kommer från regionnäsägarna. Dessa ansökningar hanteras i turordning.

Parallellt med Svenska kraftnäts nationella prognoser gör lokal- och regionnäsägarna egna prognoser över nätens utveckling. I vissa fall är dessa prognoser förankrade med kommunen/regionen, men resultat från AP2 belyser en efterfrågan på ökad kommunikation mellan kommuner/regioner och nätbolag. Elanvändare som vill etablera verksamhet har ofta svårt att finna information om tillgänglig kapacitet och anslutningsmöjligheter i lokal- och regionnäten.

Sveriges elanvändning ökade kraftigt under 70- och 80-talet, men har sedan ca. 1990 varit relativt konstant – mellan 120–130 TWh årligen. Den konstanta elanvändningen trots en betydande utveckling inom bostäder och service förklaras av energieffektiviserande åtgärder.

<sup>5</sup> Energimarknadsinspektionen. Leveranssäkerhet i Sveriges elnät 2021. 2022.

<sup>6</sup> Ibid

När Sveriges elnät planerades och byggdes ut väntades en gradvis tillväxt av elbehovet med 2–3 procent per år<sup>7</sup>, vilket skiljer sig enormt från de prognoser och det väntade behov vi ser framför oss idag. Framöver väntas en period med kraftigt ökad elanvändning i Sverige, som en konsekvens av elektrifiering av såväl industrisektorer (stål, cement) men också transportsektorn, samt nya industrietableringar med stora elbehov såsom datahallar och batterifabriker. Även storskalig anslutning av väderberoende och förnybara kraftslag såsom sol och vind har tagit fart på allvar de senaste åren, vilket ställer helt nya krav på elnätet.

Begränsningar i elnätets överföringskapacitet kan utgöra hinder för företagsetableringar, infrastruktur och den övergripande tillväxten i en region. Därför har elnätsföretagen i uppgift att löpande göra investeringar som syftar till att säkra, modernisera och säkerställa kapacitet i distributionsnäten.<sup>8</sup>

Elnätsbolagen har monopol och behöver ett särskilt tillstånd, nätkoncession, för att få äga och driva elnät. Energimarknadsinspektionen (Ei) är tillsynsansvarig myndighet för elnätsbolagen och är de som beviljar nätkoncessionerna för nätbolagen.<sup>9</sup> Ei är även den myndighet som har i uppdrag att arbeta för att Sverige har väl fungerande energimarknad och har tillsynsansvar över marknaderna för el, fjärrvärme, fjärrkyla och naturgas.

### Hur fungerar processen för nätförstärkningar?

Processen att bygga ut elnätet kan förenklat delas in i fem steg<sup>10</sup>:

1. Nätutredning – nätbolagen genomför förberedande arbete som leder fram till beslut om att påbörja arbete för att anlägga ledningar.
2. Samråd - nätbolagen genomför aktiviteter som krävs för att sammanställa ansökan om nätkoncession.
3. Nätkoncession – Energimarknadsinspektionen prövar ansökan för att fatta beslut om nätkoncession.
4. Projektering
5. Byggnation

I dagsläget tar det ofta allt för lång tid från en initierad nätutredning till att en ny ledning är möjlig att ta i drift. Tidsåtgången påverkas av flera olika faktorer – bland annat projektets omfattning, handledningstider, miljöpåverkan och avtal med markägare. I regel krävs flera olika typer av tillstånd från olika myndigheter och ofta tillkommer prövningar för att utreda åtgärdens påverkan på omgivande miljö.<sup>11</sup> Ei gjorde under 2021 en granskning av ledtiderna kopplat till nätanslutning för hushållskunder. Granskningen kom fram till att det i genomsnitt tog 139–209 dagar från godkänd offert till genomförd anslutning, men att det sannolikt finns enstaka anslutningar som drar upp genomsnittet.<sup>12</sup>

<sup>7</sup> Eon. Kapacitetsbristen. 2023.

<sup>8</sup> Lindholm, Kalle. Elnätet – distribution av el. Energiföretagen. 2023

<sup>9</sup> Svenska kraftnät. Sveriges elnät. 2022.

<sup>10</sup> Energimarknadsinspektionen. Kortare ledtider för elnätsutbyggnad. 2023

<sup>11</sup> Ibid

<sup>12</sup> Energimarknadsinspektionen. Granskning av tidsåtgång för anslutning till elnätet. 2021.

## 2.2 SAMMANFATTNING AV TIDIGARE ARBETSPAKET

Detta kapitel beskriver kortfattat resultat och slutsatser från tidigare arbetspaket (AP1 och AP2). Rapporterna i sin helhet finns tillgängliga på länkarna nedan. Arbetet i AP3 pågår löpande med AP4 och sammanfattningen baseras därför inte på det slutgiltiga arbetsresultatet, utan på dialog med Chalmers och Profu.

- [AP1 – Långsiktiga scenarier för introduktion av elfordon](#)
- [AP2 – Kartläggning och nulägesbeskrivning av elfordon, laddinfrastruktur och elnät](#)

### 2.2.1 AP1 – Långsiktiga scenarier för introduktion av elfordon

I det första arbetspaketet i *Ett elsystem för elfordon* har nationella scenarier för elektrifieringen av transportsektorn tagits fram. Detta arbete utfördes gemensamt av Power Circle och Sweco och presenterades i delrapporten för projektets första arbetspaket (AP1).

De framtagna prognoserna från AP1 visar på en kraftig ökning av antalet eldrivna fordon i fordonsflottan, både lätta och tunga. Högscenariot för personbilar pekar på att upp till 100 % av nybilsförsäljningen år 2030 väntas bestå av elfordon. Detta innebär upp till 2,5 miljoner laddbara personbilar i fordonsflottan år 2030. Även på den tunga sidan väntas en snabb utveckling framöver. I högscenariot står eldrivna fordon för drygt 60 % av nybilsförsäljningen av tunga lastbilar år 2030.

### 2.2.2 AP2 – Kartläggning och nulägesbeskrivning av elfordon, laddinfrastruktur och elnät

Inom ramarna för arbetspaket 2 (AP2) i projektet *Ett elsystem för elfordon* identifierades ett antal utmaningar för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. En övergripande sammanfattning av dessa utmaningar beskrivs nedan.

I AP2 genomfördes två enkätundersökningar, där den ena enkäten skickades till nätbolag. Nätbolagens främsta metod för att främja elektrifieringen och motverka kapacitetsbrist är nätförstärkningar, vilket många anser utmanande både ekonomiskt och resursmässigt på grund av den förväntade omfattningen. Många av nätbolagen anger att det finns stora osäkerheter gällande de nya förbrukarnas placering och storlek, samt hur laddning av elfordon kommer att påverka den befintliga lastprofilen över dygnet. Därför efterfrågas en tydligare kommunicerad plan och förbättrad dialog om vart planerad och framtida elinfrastruktur förväntas.

I den andra enkäten, som riktades mot bland annat kommuner, regioner och leverantörer av laddinfrastruktur, framgår att ökad nätkapacitet skulle främja arbetet för en storskalig elektrifiering av transportsektorn. Förkortade ledtider vid nätutbyggnad efterfrågas även. Det påpekas att installation av laddinfrastruktur behöver gå hand i hand med det ökande antalet laddbara fordon på vägarna, i syfte att skapa en trygg omställning. En gemensam och heltäckande strategi för utbyggnad av laddinfrastruktur bör därför tas fram.

Resultaten från enkätstudien i AP2 ligger till grund för listan med åtgärdsförslag som presenteras i AP4. Som utgångspunkt för arbetet med åtgärdsförslagen i

denna rapport sammanställdes svaren från enkätstudien samt andra resultat från AP2, såsom analys och resonemang, i en lista, se Tabell 3.

**Tabell 3.** Sammanställning av identifierade behov i AP2, baserat på enkätsvar från 26 nätbolag samt 28 andra aktörer, som användes som utgångspunkt vid framtagande av åtgärdsförslag i AP4.

Identifierade behov från AP2
<p><b>Förkortade ledtider vid nätutbyggnad</b></p> <p>Tydligare kommunicerad plan av planerad elektrifiering</p>
<p><b>Utökad informationsutbyte med kunder</b></p> <p>Allmänt utökat informationsutbyte</p>
<p><b>Förbättrad analysmetod för att bedöma tillkommande/förändrade laster</b></p> <p>Lokala flexmarknader som ett komplement till elnätsutbyggnad</p>
<p><b>Införande av effekttariffer</b></p> <p>Större användning av flexibilitetsresurser (Ex energilager, villkorade avtal, ändrade nättariffer, V2G)</p>
<p><b>Införande av rapporteringskrav till nätbolaget för privatpersoner som installerar laddinfrastruktur för att få bättre överblick</b></p> <p>Avsaknad av timvärden och realtidsdata för effekt och spänning i lågspänningsnätet.</p>
<p><b>Konsensus kring standarder för flexibilitetstjänster, styrning och teknikval</b></p>

Olika fordonstyper medför olika utmaningar. Personbilar kommer "smygande" då elnätsbolagen inte får information från kunder utan i stället måste mäta förändrad elförbrukning när kunderna börjar använda sina bilar. För tunga fordon har man en dialog med kund innan de ansluter, men å andra sidan kan de kräva höga laddeffekter under dagtid, vilket kan leda till omfattande investeringar.

En utmaning anses vara att kapacitetsbrist i många fall endast uppstår ett fåtal timmar, vilket gör flexibilitet lämpligt men kan göra det svårt att få förtroende och lönsamhet. Därför föreslås det att man samverkar med andra marknader som har mer frekvent behov av flexibilitet, till exempel stödtjänstmarknaden. Nätbolagen ser dock flexibilitet främst som en tillfällig lösning fram tills man hunnit förstärka elnäten, även om man öppnar för att det behövs en viss grad av flexibilitet på lång sikt. Detta påverkas sannolikt av att de små till obefintliga incitament som nätbolagen har i intäktsregleringen att använda sig av flexibilitet.

Elnätsbolagen bygger som princip inte på spekulation, men man tar hänsyn till troliga framtida laster och dimensionerar för detta när man väl bygger elnät. Det handlar om bra planering, vilket anses bli svårare då det tillkommer ny elförbrukning där man inte har samma kunskap om hur förbrukningen kommer att se ut. Initiativet med nätutvecklingsplaner välkomnas då man hoppas att det ska bidra till bättre kommunikation med intressenter och därmed underlätta planering framåt.

### 2.2.3 AP3 – Påverkan på elsystemet och elnätet av en storskalig elektrifiering av fordonsflottan

Analysen i AP3 baseras på resultat från en modell över Sveriges lågspänningsnät (lokalnät) som syftar till att undersöka hur väl dagens nät klarar av det prognosticerade behovet av elfordonsladdning. Tre olika beteenden för laddning av elfordon modelleras – ”direkt”, ”prisoptimerad” samt ”prisoptimerad med V2G”. Direkt laddning följer det konventionella laddbeteendet, alltså att laddningen startar direkt när bilen anländer hemma och fortgår till batteriet är fulladdat. Prisoptimerad laddning innebär att laddningen schemaläggs till tider då elpriset är lågt, vilket i detta fall oftast är nattetid. Prisoptimerad med V2G innebär att flödet även kan gå från bilens batteri till nätet. Elanvändningen beräknas i en syntetisk modell som baseras på data från SCB gällande populationstäthet, boendetyper och hushållsprofiler. Detta kompletteras med en referensnätverksmodell över kablar, feeders och transformatorer. Resultaten visar vid vilka tidpunkter det riskerar att uppstå problem i nätet, samt vilken typ av problem det gäller. Resultaten från AP3 kommer att presenteras i en delrapport i november 2023.

Vid tidpunkten för färdigställandet av denna rapport fanns färdiga resultat från modelleringen av lokalnätet. Resultaten visar att det uppstår viss problematik med spänningsfall och överbelastning av transformatorer i lokalnätet kopplat till elbilsaddning, och att antalet problem ökar relativt linjärt med antalet elbilar i systemet. Generellt sett är det dock relativt få timmar då problem uppstår, vilket beror på att befintliga transformatorstationer i lokalnätet ofta är överdimensionerade, speciellt utanför städerna. Vid direkt laddning blir det fler problem i lokalnätet, särskilt kvällstid och under vintermånaderna. Prisoptimerad laddning ger generellt färre problem, men de problem som uppstår är främst vid tidpunkter då elproduktionen från vindkraft är stor, vilket leder till att många fordon laddar eftersom priset är lågt.

Vidare visar den hittills genomförda analysen att de största utmaningarna ligger i regionnätet, som väntas drabbas av långt större problem än lokalnätet. Utöver snabbaddningsstationer ansluts även industrier och vindkraft till regionnätet. Snabbaddning för tunga fordon sker dessutom med betydligt högre effekter än för personbilar, och är mindre flexibel när det kommer till geografisk lokalisering och tidpunkt på dygnet. Eftersom dessa utmaningar ofta sammanfaller i regionnäten behöver framtida analyser fokusera på just denna nivå.

De preliminära resultaten från AP3 pekar alltså på att det riskerar att uppstå problematik i lokalnäten framöver, särskilt i och omkring storstadsregionerna. Därmed kommer det vara viktigt att undersöka olika typer av åtgärder för att främja laddning av elfordon – detta inkluderar nätförstärkningar men även exempelvis stationära batterilager, smart styrning och V2G.

### 3 Åtgärdsförslag

I det övergripande projektet är fokus på samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät. En utgångspunkt i detta projekt är att utökad kapacitet i elnätet är en avgörande faktor för att säkerställa en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. En storskalig elektrifiering kommer att medföra ett stort effektbehov vid anslutning av den laddinfrastruktur som krävs – både för personbilar och tung trafik. I dagsläget uppger flera nätbolag att de kommer att ha problem att ansluta den planerade mängden laddinfrastruktur till år 2030 just på grund av begränsningar i elnätet. Brist på kapacitet ses därför som ett av de största hindren för elektrifieringen av transportsektorn. Således är åtgärder som frigör eller utökar nätkapacitet centrala i detta projekt.

För att undvika problem som effektbrist och flaskhalsar har traditionellt nätet förstärkts där problem identifierats. En tydlig åtgärd som krävs är således att få till nätförstärkningar. Nätförstärkningar är dock förenat med långa ledtider och stora investeringar – därför är det viktigt att påpeka att nätförstärkningar inte kan ses som den enda lösningen på de utmaningar som finns kopplat till en storskalig elektrifiering av transportsektorn. Dessutom finns en tidsaspekt, eftersom nätutbyggnadens långa ledtider riskerar att bli ett hinder för att nå utsläppsmålen i tid. I samband med elektrifieringen av både transportsektor och industri, samt den ökande andelen väderberoende kraftslag i elsystemet krävs ytterligare åtgärder för att åtgärda de problem som uppstår.

Eftersom nätförstärkningar innebär kostsamma och tidskrävande processer är det önskvärt att först undersöka hur befintliga nätresurser kan användas på ett mer effektivt sätt. Resultaten från AP3 visar att dagens nätresurser inte används optimalt, eftersom problemen med kapacitetsbrist endast uppstår under några timmar per år. Detta indikerar att det borde gå att undvika dessa tillfällen genom att nyttja nätet mer optimalt. Flaskhalsar i elnätet finns på olika platser i nätet vid olika tillfällen, vilket innebär att det kan vara samhällsekonomiskt effektivt att använda andra tekniker, som inte innebär en geografisk inlåsning, för att uppnå ökad kapacitet.

Detta kapitel föreslår och beskriver hur ledtiderna kan minskas, samt hur alternativa lösningar, såsom förbrukningsflexibilitet, energilagring och V2X, kan användas för att minska behovet av nätförstärkningar och investeringar i elnätet. Tanken är att dessa alternativa lösningar ska bidra till att anpassningen av elsystemet sker på ett mer resurseffektivt sätt, vilket i sin tur bidrar till att säkerställa en storskalig elektrifiering av transportsektorn. Krav från olika aktörer och beteenden kopplat till laddning utreds. Dessutom beskrivs hur den sammanlagda effekten påverkas av olika typer av smart laddning.

De åtgärdsförslag som presenteras i detta kapitel grundar sig främst i de brister och utmaningar som identifierats i projektets tidigare arbetspaket (framför allt i AP2 och AP3). Varje avsnitt berör ett åtgärdsförslag eller behov som identifierats genom projektets gång, majoriteten av avsnitten är direkt kopplade till de värderade åtgärdsförslagen i WS2, se Tabell 2, vilka i sin tur är framtagna med behoven i Tabell 3 som förlaga. Åtgärdsförslagen berör flera områden inom

elsystemet – allt ifrån hur implementering av nya typer av tekniker kan ske till förslag på ändringar i policy och regelverk. En överblick över alla åtgärdsförslag som berörs i denna rapport återfinns i Tabell 4. Varje åtgärdsförslag har värderats baserat på sin bedömda potential och komplexitet, enligt samma logik som fyrfältaren i Figur 2, alltså en kvalitativ bedömning av nytt effektbidrag eller åtgärdens förmåga att frigöra kapacitet samt bedömning av åtgärdens genomförbarhet. Värderingen i Tabell 4 är en sammanvägning av samtliga inspel från intervjuer och workshops, samt den samlade bakgrundförståelsen från litteraturstudier inom arbetspaketet.

Åtgärdsförslagen i Tabell 4 presenteras i detta kapitel per behovskategori, då de är besläktade. För varje åtgärdsförslag beskrivs det problem som åtgärden syftar till att lösa, samt hur åtgärden löser problemet. Dessutom presenteras pågående förändringsarbete kopplat till problemet eller åtgärdsförslaget, baserat på litteraturstudier. Genomgående beaktas också branschens perspektiv, baserat på inspel från genomförda intervjuer och workshops. Avsnitten innehåller även en genomgång av relevant utveckling inom policy och regelverk inom respektive åtgärd samt hur de ämnar motverka problemet och främja lösningar.

**Tabell 4.** Överblick åtgärdsförslag.

Kapitel	Behovskategori	Åtgärdsförslag	Värdering
3.1.1	Säkerställa nätkapacitet	Parallella aktiviteter under tillståndsprocesser ger kortare ledtider	●
3.1.2	Säkerställa nätkapacitet	Harmonisering av ärendehanteringssystem förenklar anslutningsprocessen	●
3.1.3	Säkerställa nätkapacitet	Ökad samordning och kommunikation mellan aktörer	●
3.1.4	Säkerställa nätkapacitet	Förbättrade analysmetoder tack vare nya elmätare	●
3.1.5	Säkerställa nätkapacitet	Kompetensförsörjning, forskning och innovation nyckelfrågor för nätbolag som vill hålla jämna steg med utvecklingen	●
3.2.1	Teknik och marknad för flexibilitet	Smart laddning har stor potential att jämna ut effektbehov	●
3.2.2	Teknik och marknad för flexibilitet	Lokal energilagring lämpligt för snabbplattor	●
3.2.3	Teknik och marknad för flexibilitet	Dubbelriktad laddning kan ge stora effekter men är ännu inte kommersialiserat	●
3.2.4	Teknik och marknad för flexibilitet	Varierade erfarenheter av lokala flexibilitetsmarknader	●

Kapitel	Behovskategori	Åtgärdsförslag	Värdering
0	Förändrade policy och regelverk	Förändrade incitament för nätbolagen möjliggör alternativ till nätutbyggnad	●
3.3.2	Förändrade policy och regelverk	Utred hur villkorade avtal kan användas	●
3.3.3	Förändrade policy och regelverk	Mer avancerade nättariffer tydlig signal mot kund	●
3.3.4	Förändrade policy och regelverk	Införandet av oberoende aggregatorroll kräver noggrant övervägd metod för kompensering av obalanser	●
3.3.5	Förändrade policy och regelverk	Konsensus kring branschstandarder en tidsfråga	●

### 3.1 BEHOV AV NY BRASCHPRAXIS FÖR ATT SÄKERSTÄLLA NÄTKAPACITET VID RÄTT TIDPUNKT

Administrativa åtgärder har stor potential till förkortade ledtider vid nätutbyggnad, vilket beskrivs i följande avsnitt.

Branschen skulle ha stor nytta av samordning med fördelning av ansvar på regionnivå, ett forum för kommunikation efterfrågas från flera håll för informationsutbyte mellan nyckelaktörer avseende framtida effektbehov och prognoser. Även kommunikation mellan nätbolagen uppmuntras, då det kan underlätta för innovation implementation av alternativa lösningar till nätutbyggnad. Förstärkt innovation och kompetensförsörjning krävs hos nätbolagen för att hantera alltmer data och smarta tjänster.

Insatser från Ei att förkorta ledtider för nätanslutningar genom att införa parallella aktiviteter i stället för sekventiella bör stötts av nätbolagen för att kunna komma på plats så fort som möjligt.

Funktionaliteten hos nya elmätare möjliggör för nätbolagen att fatta välinformerade beslut kopplat till sina kunders konsumtionsbeteende. Tillgång till timdata möjliggör förfinade analyser och kan delvis ersätta lastprofiler.

Ärendehanteringssystem med diarienummer möjliggör snabbare utbyggnad av laddinfrastruktur eftersom ärenden kan följas och handlingar samlas på ett ställe.

Både transport-och energisektorn upplever just nu stora förändringar. Elnätsföretagen ser sin bransch expandera och integreras alltmer med transportsektorn, vilket skapar ett behov av ny kunskap, samordning och



kommunikation. Nya strategier, processer och teknik kommer krävas för att kunna möta det växande behovet av kapacitet och flexibilitet inom rimlig tid. Detta innebär även att den kompetens som efterfrågas inom branschen kommer att förändras – utvecklingen pågår i snabb takt när det kommer till nya tekniker, affärsmodeller samt policy och regelverk.

I Swecos rapport Elnätsrapporten 2023<sup>13</sup> analyseras utvecklingen av Sveriges elbehov och vilket behov av investeringar som finns i elnätet. Rapportens analyser bygger på två scenarier för elektrifiering fram till 2045, ett högt och snabbt scenario och ett lågt och långsamt. I Elnätsrapporten 2023 beräknas elanvändningen från transportsektorn öka till mellan 15–21 TWh till år 2045, vilket framför allt kommer av elektrifiering av vägtransport. Den totala ökningen i elbehov bedöms landa på 340 TWh i högscenariot och 272 TWh i lågscenariot. Detta innebär alltså att transportsektorn bedöms utgöra 6,2% av elbehovet i högscenariot och 5,5% i lågscenariot. Samma rapport bedömer att det totala investeringsbehovet i elnät fram till 2045 kommer uppgå till 945 miljarder i högscenariot samt 890 i lågscenariot. Ett överslag ger således att elektrifieringen av transportsektorn kräver nätinvesteringar på mellan 49 och 58 miljarder kronor från idag till 2045.

I Sverige fanns år 2021 cirka 149 elnätsföretag som äger och driver lokal- och regionnät.<sup>14</sup> Deras verksamheter är av naturliga skäl inte alltid harmoniserade med varandra, de har olika system och arbetssätt inom bolagen. Detta gör att åtgärdsförslag är olika relevanta eller tillämpbara för olika nätbolag och innebär ökad komplexitet för arbetet att ta fram och implementera åtgärdsförslag med gott resultat.

Ytterligare skäl till att den pågående elektrifieringen av fordonsflottan utgör en betydande utmaning för många nätbolag är att den medför en ökad efterfrågan på nätbolagens tjänster. Detta innebär behov av nya metoder för att förkorta ledtider och effektivisera tillståndsprocesser, nya ärendehanteringssystem, införandet av avancerade mät- och styrningssystem samt förändrade processer för samordning och kommunikation.

I det här kapitlet presenteras ett antal åtgärder som berör elnätsbolagens och branschens sätt att bedriva sin verksamhet. Dessa åtgärder bedöms vara av minst lika stor vikt som rent tekniska lösningar.

### 3.1.1 Parallella aktiviteter under tillståndsprocesser ger kortare ledtider

Effektivare tillståndsprocesser, vilket skulle innebära kortare ledtider, har nämnts som centrala för att snabba på nätutbyggnad, vilket i sin tur möjliggör etablering av laddinfrastruktur inom nödvändiga tidsramar. Detta åtgärdsförslag lyftes i AP2, men även i intervjuer och workshops under detta AP. Denna åtgärd har dessutom stöd från nätägarna enligt våra workshopresultat, förkortade ledtider bedöms vara en viktig åtgärd med stor potential.

Det är naturligtvis nödvändigt att elnätsutbyggnad görs eftertänksamt och noggrant, men speciellt under tillståndsfasen av utbyggnaden finns potential att

<sup>13</sup> Sweco. Elnätsrapporten 2023. 2023

<sup>14</sup> Nordling, Anna. Sveriges framtida elnät. 2016.

förkorta ledtiderna. I dagsläget genomförs de olika tillståndprocesserna ofta sekventiellt, efter varandra. Genom att i större utsträckning koordinera och pröva ärenden parallellt kan beslut fattas snabbare, vilket är en av åtgärderna som Ei beskriver i en rapport från projektet *Kortare ledtider för elnätsutbyggnad*.<sup>15</sup>

Under intervjuerna framkom att vissa aktörer önskar tydligare krav, eller någon form av tidsgräns för nätbolagen att leverera kapacitet, samt svarstid på koncessioner. Idag säger lagstiftningen att en anslutning ska ske inom skälig tid och en anslutande kund som vill utreda om väntetiden är oskälig kan vända sig till Ei som är tillsynsmyndighet. Det lyftes som exempel att nätbolag i Danmark har ett skarpt krav om 6 månader på sig att leverera kapacitet. I en rapport från 2022 motsätter sig dock Ei en tidsbegränsande åtgärd, då sådan lagstiftning inte bedöms få mer effekt än rådande lagstiftning.<sup>16</sup>

Långa ledtider beror delvis också på att vissa aktörer skickar in ansökningar om nätanslutning som de inte nödvändigtvis ämnar genomföra, så kallade luftbokningar, vilket skapar onödigt merarbete för nätbolagen och flyttar fokus från seriösa ansökningar. Ei fastställer att nätbolagen kan införa en skälig avgift för anslutningsansökningar, i syfte att minska andelen icke-kvalitativa ansökningar.<sup>17</sup>

Ei har nu inlett ett uppdrag, som ska redovisas senast mot slutet av 2024, där de ska verkställa de åtgärder som identifierats inom *Kortare ledtider för elnätsutbyggnad*.<sup>18</sup> Ei:s fortsatta arbete är därför viktigt och bör uppmärksammas och underlättas av branschen. Det vore även lämpligt om Ei levererade löpande delresultat i sitt vidare arbete, eftersom tidsaspekten är central i dessa frågor.

### 3.1.2 Harmonisering av ärendehanteringssystem förenklar anslutningsprocessen

Att det inte finns ett universellt ärendehanteringssystem för ansökningar om nyanslutning av har uppgetts som ett problem för aktörer som vill etablera laddinfrastruktur i flera olika nätområden, eftersom detta försvårar hanteringen av individuella ärenden. Dessa aktörer har ofta många nyanslutningar på gång samtidigt, vilket skapar omfattande administrationsbörda. Det har också framkommit under workshops att nätbolagen inte alltid har ett diariesystem för att hantera denna typ av ärenden, vilket gör dem svårare att följa. Eftersom anslutningsprocessen kan ta flera år så finns risken att man tappar tråden om den handläggare som ursprungligen hanterat ärendet försvinner från nätbolagen.

Därför föreslås att samtliga nätbolag bör införa liknande arbetsprocesser och någon typ av digitalt ärendehanteringssystem med diarienummer, där alla beslut, handlingar och kommunikation samlas. Om detta system dessutom vore harmoniserat mellan nätbolagen skulle det underlätta ytterligare för aktörer som har många aktiva ärenden samtidigt hos flera olika nätbolag.

<sup>15</sup> Energimarknadsinspektionen. Kortare ledtider för elnätsutbyggnad. 2023

<sup>16</sup> Energimarknadsinspektionen. Kortare ledtider för anslutning av nya laddningspunkter till elnätet. 2022.

<sup>17</sup> Ibid

<sup>18</sup> Energimarknadsinspektionen. Verkställa kortare ledtider. 2023.

Baserat på resultat från workshops finns det även möjlighet att förenkla eller automatisera handläggningen av vissa enklare anslutningsförfrågningar. Detta skulle frigöra tid hos nätbolagen att fokusera på handläggning av mer komplexa ärenden. Tids- och resursbrist uppges nämligen vara ett hinder för vissa nätbolag att hantera ärenden i tid i dagsläget. Ett sådan metod för förenkling eller automatisering borde tas fram i samarbete mellan många nätbolag, för att resultatet ska bli kompatibelt med nuvarande processer. Inspiration kan hämtas från ett projekt på Ellevio där processautomation med robotar delvis ersatte manuellt arbete i anslutningsverksamheten vilket ledde till snabbare anslutningar i genomsnitt.<sup>19</sup>

### 3.1.3 Ökad samordning och kommunikation mellan aktörer

När det kommer till etablering av laddinfrastruktur finns ett stort behov av strukturer för samordning i regionerna. Detta inkluderar alla nätnivåer samt tillväxten inom industrin och transportsektorn. Många aktörer efterfrågar tydligare planer och kommunikation kopplat till dessa planer. Dialog mellan nätbolag och stadsplanerare är väsentligt för att få till bra lokaliseringar för laddinfrastruktur.<sup>20</sup> Från AP2 efterfrågas ett öppet forum för dialog mellan alla involverade aktörer. I AP4.3 nämns även att de långa processerna för anslutningar skadar laddoperatörerna och kan försena elektrifieringen.

I brist på insikt i nätets nuvarande tillstånd vad det gäller kapacitet och ledtider skickas aktörer som önskar ansluta till nätet in ett stort antal luftbokningar, vilket skapar köer och merarbete hos nätbolagen.

Många lokalnätbolag nämner att de skulle vilja vara mer delaktiga i den inledande processen av projekteringen och föra en tidig dialog med kommuner, näringsliv, regioner samt regionnäsägare vid planering av större projekt för laddinfrastruktur. På så sätt skulle nätbolagen på olika nivå få en bättre uppfattning av kommande behov men även kunna ställa krav, exempelvis på att laststyrning tillämpas. Det råder dock en osäkerhet kring vilka krav som nätbolagen får ställa och hur dessa i så fall ska utformas. Tidig dialog är också ett av råden som Energiföretagen riktar till både nätbolag och laddoperatörer i sina *Tips för effektivare anslutningsprocesser*.<sup>21</sup>

Enligt förordning (2022:585)<sup>22</sup> ska nätbolagen rapportera in sina planer för nätutveckling till Ei, inklusive behovet av flex, investeringsplaner och alternativ till nyinvesteringar i nät. Poängen med nätutvecklingsplanerna är att ge fler aktörer större insyn i nätbolagens arbete. Ökad transparens från nätbolagens sida leder till att aktörer kan vara mer proaktiva, till exempel förlägga sin verksamhet, både i tid och geografiskt, med hänsyn till kapacitetssituationen, vilket är en fördel både för nätbolagen och aktören. Nätbolagen får ett mer effektivt nyttjande av befintliga nät och mindre behov av investeringar och aktörerna kan få en snabbare och smidigare anslutningsprocess. Nätutvecklingsplanerna kan bli ett mycket effektivt

<sup>19</sup> Energimarknadsinspektionen. Granskning av tidsåtgång för anslutning till elnätet. 2021.

<sup>20</sup> Power Circle. LOKAL ENERGILAGRING ELLER TRADITIONELLA NÄTFÖRSTÄRKNINGAR?. 2023.

<sup>21</sup> Energiföretagen. Tips för effektivare anslutningsprocesser av laddstationer till elnätet. 2023

<sup>22</sup> Förordning (2022:585) om elnätsverksamhet

kommunikationsverktyg mellan nätbolagen och aktörer som vill ansluta, speciellt i kombination med prognoser över planerad utveckling baserat på planer från elproducenter och elanvändare inklusive nya etableringar i form av industri, bostäder, laddinfrastruktur. För att nå nyttorna med ta fram dessa typer av prognoser behöver flera olika aktörer samordna och kommunicera sina planer till varandra.

#### 3.1.4 Förbättrade analysmetoder tack vare nya elmätare

Den 1 november 2018 införde regeringen sju nya funktionskrav för elmätare hos lågspänningskunder. Mätare som uppfyller de nya funktionskraven ska vara installerade av elnätsföretagen senast den 1 januari 2025.<sup>23</sup> I korthet innebär de nya funktionskraven följande<sup>24</sup>:

- Elmätaren ska för varje fas kunna mäta spänning, ström, aktiv energi samt aktiv och reaktiv effekt för uttag och inmatning av el.
- Elmätaren ska utrustas med ett kundgränssnitt som stöds av öppen standard. Gränssnittet ska möjliggöra för kunden att ta del av sina mätuppgifter minst var tionde sekund.
- Elmätaren ska möjliggöra avläsning av mätdata och uppgifter om elavbrott på distans.
- Elmätaren ska kunna registrera mängden överförd energi per timme och kunna ställas om till att registrera per kvart.
- Elmätaren ska kunna registrera uppgifter om tidpunkt för början och slut på elavbrott längre än tre minuter.
- Det ska vara möjligt för elnätsföretaget att uppgradera och ändra inställningar i elmätaren på distans.
- Det ska vara möjligt för elnätsföretaget att via elmätaren kunna spänningssätta och fränkoppla elanläggningar på distans.

Ei konstaterar att de nya funktionskraven kommer att möjliggöra en mer utvecklad marknad för olika typer av energitjänster. Genom att analysera timdata, och på sikt även data med 15 minuters upplösning, kan nätbolagen få en djupare förståelse för olika kunders lastprofiler och förbrukningsmönster. Denna förståelse kan användas för att hantera variationer i belastningar. Genom att nyttja mer högupplöst data från användarna är det även möjligt för elnätsbolagen att effektivisera sin verksamhet genom att fatta mer informerade beslut kring investeringar, planering och dimensionering, samt drift och underhåll av elnäten, vilket kan leda till mer effektiva elnät.

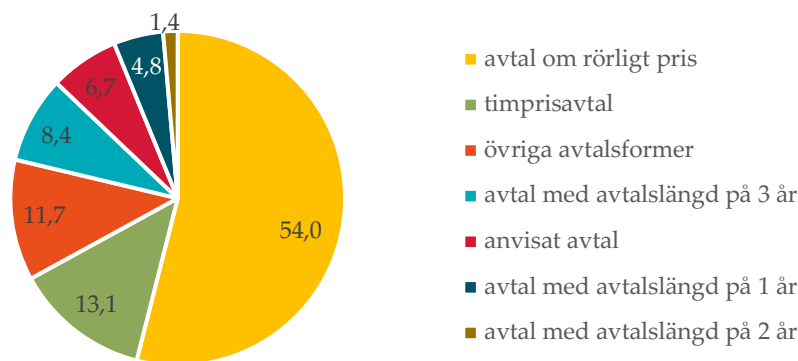
Brukardata kommer att bli allt viktigare för nätbolagen att göra sina prognoser. I AP2 uppges att det finns en önskan om att ta fram nya lastprofiler för typkunder. Dock framkommer i den dialog med nätbolag som genomförts i AP4 att timvärden från de nya elmätarna gör att lastprofiler av det traditionella, statistiska slaget, inte kommer att vara lika viktiga för analyser och dimensionering av elnäten framöver. I stället får nätbolagen möjlighet att använda faktiska mätvärden från kunderna. I dagsläget saknar dock flera nätbolag fortfarande möjligheten att mäta timvärden

<sup>23</sup> Energimarknadsinspektionen. Funktionskrav elmätare. 2023.

<sup>24</sup> Energimarknadsbyrån. Din elmätare kommer att bytas ut. 2021.

och realtidsdata för effekt och spänning i lokalnäten. Den pågående uppgraderingen av elmätare spelar därmed en viktig roll för att nätbolagen ska få ökad information om elnätets användning, vilket i sin tur möjliggör optimerad drift.

De senaste uppgifterna från SCB, från september 2023, visar att lite drygt 13 % av alla elkunder hade timprisavtal, se Figur 3. Denna siffra har successivt ökat sedan undersökningen började notera timprisavtal som en egen post, vilket skedde i februari samma år, då andelen timprisavtal uppgick till 10,4 %. Det är således fortfarande en minoritet som har timprisavtal, men trenden är ökande.



Figur 3. Fördelning av elavtal efter typ, september 2023.<sup>25</sup>

Vidare tror de aktörer som deltagit i projektet under intervjuer och workshops att de nya funktionskraven på elmätare i kombination med förbättrade analysmetoder, nya typer av prissättning och tariffer, samt flexibilitetstjänster har stor potential att effektivisera användningen av befintlig elnätsinfrastruktur. Timvärden och realtidsdata möjliggör också nya typer av smart mjukvara. Flertalet aktörer förespråkar vikten av att ta vara på möjligheterna som de nya mätarna erbjuder, eftersom det finns en stor potential i att nyttja denna data för att effektivisera och optimera användningen av befintlig infrastruktur såväl som vid planering av ny laddinfrastruktur. Tillgång till information om geografiskt och kvantifierat behov av laddning i ett tidigt skede av elektrifieringen av fordonsflottan möjliggör en optimerad planering av vidare investeringar i laddinfrastruktur. Detta gör att laddstolpar kan placeras där de gör mest nytta, vilket minimerar risken för felriktade och -dimensionerade investeringar i laddinfrastruktur.

En slutsats från intervjuerna i detta projekt är att data gällande laddbeteende är en tillgång som aktörer vill hålla för sig själva. Detta är lätt att förstå, eftersom insikt i laddbeteende kan bli mycket värdefullt för de aktörer som lyckas översätta denna information till dimensionering och geografisk placering av ny laddinfrastruktur. Sådan typ av information kan vara en avgörande fördel för en laddoperatör. I en marknad som ännu är i sin linda, där samtliga aktörer är ute efter att samla

<sup>25</sup> SCB 2023

marknadsandelar, blir etableringen av nya laddplatser central. För andra typer av aktörer, som till exempel fastighetsägare, finns inte samma konkurrensperspektiv, eftersom det i stället handlar om att säkra tillgången till laddplatser inom sin egen fastighet. Dock finns ej heller här någon anledning för fastighetsägaren att dela data utanför organisationen. Dessutom finns en integritetsaspekt som blir högrelevant när det gäller data för elförbrukning i bostäder. Det kan därför antas att öppna förbrukardata som tillgång för alla vid planering och drift av laddinfrastruktur och elnät inte kommer att bli verklighet. Geografisk placering och dimensionering av laddare samt styrning av laddning behöver i stället ske med hjälp av ekonomiska incitament som kommuniceras på lämpligt sätt för att kunna användas vid beräkning av affärsfall eller som styrsignal.

Ägarskap av olika data blir viktigt för flertalet aktörer för att kunna optimera antingen sin verksamhet eller erbjuda optimering för sin kunds räkning, och får en koppling till aktörens valda affärsmodeller. Går det att skapa en tillräckligt intressant affärsmodell med optimering kommer sådana affärsmöjligheter att kunna komma till stånd, men elsystemens komplexitet med ibland motstridiga behov är en försvårande faktor.

Data som däremot kan komma att delas offentligt är data gällande nätkapacitet, då nätbolagens naturliga monopolsituation innebär att datadelning inte innebär en konkurrensnackdel och publicering av data kan göras på aggregerad nivå som inte blir integritetskränkande. Både Ei<sup>26</sup> samt Energimyndigheten i samarbete med Trafikverket<sup>27</sup> har föreslagit att utreda hur kapacitetskartor kan utvecklas. Kapacitetskartorna kan bli ett kraftfullt kommunikationsverktyg för nätbolagen och förenklar planering i tidigt skede för aktörer som vill ansluta laddinfrastruktur.

För att nätbolagen på bästa sätt ska lyckas implementera den effektivisering som de smarta mätarna möjliggör rekommenderas att riktlinjer eller branschrekommendationer tas fram för hur nätbolagen kan och bör använda sig av data. Om initiativet att ta fram dessa riktlinjer sker centraliserat kan arbetsbördan för enskilda nätbolag minimeras, vilket bör vara av intresse för nätbolagen som redan nu upplever ökad belastning av andra orsaker. En del i ett sådant initiativ kan vara en standardisering för hur dimensionering av elnät bör ske för elfordon i olika kontexter, till exempel med hjälp av nyckeltal kopplade till befolkningstäthet eller resmål. Detta lyftes i WS2 som extra viktigt för nätplanering av stadsområden som har innovativa trafikupplägg, som till exempel bilfria zoner eller alternativa transportkoncept. Eftersom sådana områden är så pass nya finns begränsade historiska data att använda för analys. Dock är bedömningen att nätbolagen även själva bör satsa mer på bearbetning av sina egna data för att få fördjupad förståelse för sin kundbas behov av såväl laddinfrastruktur som nätförstärkningar eller alternativa åtgärder.

<sup>26</sup> Energimarknadsinspektionen. Kortare ledtider för anslutning av nya laddningspunkter till elnätet. 2022.

<sup>27</sup> Energimyndigheten. Handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas. 2023.

### 3.1.5 Kompetensförsörjning, forskning och innovation nyckelfrågor för nätbolag som vill hålla jämna steg med utvecklingen

Kompetensutveckling samt forskning och innovation (FoI) är en nyckel för att möjliggöra produktivitet och innovation i en bransch. Det är viktigt både för att upprätthålla kvaliteten i det dagliga arbetet, men också för utveckling och tillämpning av ny teknik, infrastruktur, policy och regelverk. Under arbetspaketets gång har kompetensutmaning hos nätbolagen identifierats som ett hinder för storskalig utrullning av laddinfrastruktur. Denna utmaning och brist i kompetens visar sig både som resursbrist sett till antalet handläggare som till exempel jobbar med nyanslutningar, vilket leder till långa köer att få sitt ärende hanterat, men också svårigheter att implementera de innovationer och nya policys som syftar till att underlätta och snabba på övergången till en storskaligt elektrifierad fordonsflotta. Dessutom påpekades sambandet mellan kompetensbrist och långa ledtider i AP2.

När Power Circle undersökte inställningen till innovativa lösningar bland elnätbolagen var den sammantagna bilden att man generellt prioriterade traditionella lösningar, ofta på grund av tradition och kompetensskäl.<sup>28</sup> Dessutom visar resultatet på att stöd från chefer och eldsjälar inom organisationen är en stor drivkraft. Nätbolagen borde därför arbeta med att etablera struktur för innovation och utveckling samt informationsspridning internt för att säkerställa att innovativa lösningar har stöd genom hela organisationen, speciellt bland chefer på alla nivåer.

Nya kompetenser kommer att krävas i samband med en alltmer datadriven utveckling. Svenska elnätbolag kommer inom några år behöva samla in, hantera och analysera stora mängder data. Den kompetensen saknas i många fall idag inom bolagen. Nätbolagen borde därför fokusera sina insatser för att rekrytera och prioritera dessa kompetenser, för att lyckas implementera de smarta lösningar som kommer att krävas.

Även bristande finansiering lyfts som ett hinder i Power Circles rapport.<sup>29</sup> Enligt europeisk innovationsstatistik är andelen företag som tagit emot offentliga FoI-stöd lägre i Sverige än i genomsnittet i EU.<sup>30</sup> Det är önskvärt att stärka branschens FoI-verksamhet och incitament för detta krävs. Offentliga styrmedel är ett verktyg för detta, samt FoI-program inom myndigheter såsom Energimyndigheten eller Vinnova. Därtill efterfrågar nätbolagen finansiella verktyg som även sträcker sig bortom forskningsprojekt, eftersom detta gör att projekt stagnerar efter pilotfasen, vilket förhindrar uppskalning av lyckade pilotprojekt. Beroendet av finansiellt stöd kan kopplas till det begränsade incitament till innovationsarbete som intäktsgreningen utgör. Därför är det även viktigt att se till allmänt reviderade incitament för nätbolagen att utveckla andra delar av sin verksamhet än den som rör kapitalbasen, vilket diskuteras vidare i avsnitt 3.1.2.

Därtill rekommenderas även utökade erfarenhetsutbyten i branschorganisationer eller forum för kunskapsöverföring. Syftet är att underlätta för nätbolagen att

<sup>28</sup> Power Circle. LOKAL ENERGILAGRING ELLER TRADITIONELLA NÄTFÖRSTÄRKNINGAR? 2023.

<sup>29</sup> Ibid

<sup>30</sup> Trafikanalys. Innovationsförmåga och kompetens i transportsektorn. 2022

implementera innovation och kompetensförsörjning inom sin verksamhet. Ett förslag på hur detta kan implementeras är inspirerat av Elinorrs kompetensförsörjningsarbete, som sprider information mellan medlemmarna genom olika arbetsgrupper.

### 3.2 TEKNIK OCH MARKNAD FÖR FLEXIBLA LÖSNINGAR

Laddning av elfordon kan leda till mycket hög sammanlagd effekt under vissa timmar om ingen styrning tillämpas. Smart laddning kan innebära både ekonomiska fördelar för slutkunder samt minskade kapacitetsproblem i elnätet

Priser både för el och nät är centrala styrsignaler och det behövs därför väl utformade nätpriser och dessutom ett system för att publicera dessa för att möjliggöra smart teknik regleras baserat på dessa parametrar.

Vid elektrifiering av sektorer med tunga fordon är smart laddning ännu viktigare än för personbilsflottan, eftersom de höga laddeffekterna kan innebära större problem.

Stationära batterier kan fungera som buffert i en anslutningspunkt och möjliggöra snabbare etablering av laddplatser med högre laddeffekt. Förbrukare som har tydliga, kortare peakar är en viktig målgrupp.

Batterilager kan också bidra till flera andra nyttor i det framtida elsystemet, men det finns hinder som osäkerhet kring regelverk och kostnader samt kompetens- och kunskapsbrist hos elnätsbolagen. Batteriinvesteringar kan även öppna upp för nya affärsmodeller för laddoperatörer.

V2G kan i teorin leverera flertalet tjänster till olika aktörer och på så sätt leda till kostnadsbesparingar, intäktsmöjligheter och leverans av systemtjänster.

Implementering av V2G på stor skala kräver nya affärsmodeller, etablering av tekniska standarder, samt överkommande av regulatoriska och beteenderelaterade hinder. Även om V2G har stor potential, finns det konkurrerande tekniker som kan leverera samma tjänster på mindre komplexa sätt.

Lokala flexmarknader är idag fortfarande unga och vissa har likviditetsproblem.

Marknaderna bedöms ändå ha potential som komplement till nätutbyggnad, genom att hjälpa till med avlastning.

Även om nätutbyggnad i många fall är det mest önskvärda alternativet för att möjliggöra elektrifieringen är det en metod som är förknippat med långa ledtider och höga kostnader. Dessutom är det inte alltid det mest resurseffektiva alternativet, eftersom nät dimensioneras efter topplastbehovet, vilket oftast råder under några få timmar per år. Detta medför att det oftast finns mycket ledig kapacitet och med tekniska lösningar, kommunikation och god planering kan laster förläggas i tid på ett sätt så att topplasttimmarna undviks. På så sätt gynnas elnätet, men det kan också finnas ekonomiska fördelar för den som kan vara flexibel i sitt elbehov.

För att ta vara på viljan hos elkonsumenter att vara flexibla krävs att priser för el och nät reflekterar den kostnad som användningen motsvarar. Ju mer dynamiska priser, desto mer möjliggör de för konsumenten att justera sitt beteende på ett



effektivt sätt. Utöver att regera på elpriset kan de som laddar elfordon bidra med sin flexibilitet genom att delta på flexibilitets- eller balansmarknader, där själva produkten som handlas är tillgängligheten att antingen öka eller minska sitt effektuttag.

Även om det är möjligt att förändra sitt elbehov utan smart teknik för laddning så kan tekniken göra det lätt att göra rätt, eftersom beslutsfattandet automatiseras. Energilager möjliggör dessutom ännu mer flexibilitet, eftersom ett lager blir en buffert i anslutningspunkten, vilket gör det möjligt att flytta sin elkonsumtion ännu längre i tid, eller under en begränsad tid fylla ett effektbehov som överstiger nätanslutningens dimensionering.

Det framtida bidraget från smart laddning är komplext att fastställa eftersom många faktorer spelar in, såsom regelverk, geografisk spridning, ekonomiska incitament och affärsmodeller, utveckling och implementering av standarder. EU:s policypaket Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR) ålägger varje medlemsstat att vart tredje år följa upp bidraget från flexibla lösningar till energisystemet, från och med första halvan av 2024.<sup>31</sup> Detta ska bland annat göras genom bedömning av möjligheten för elfordonsflottan att genom smart och dubbelriktad laddning minska kostnader på användar- och systemnivå samt bidra med flexibilitets- och balanstjänster. Detta inbegriper även att kommunicera rekommendationer och åtgärder för att öka integrationen av elfordon i elsystemet. Energimarknadsinspektionen kommer sannolikt göra denna bedömning för Sveriges räkning.<sup>32</sup>

### 3.2.1 Smart laddning har stor potential att jämna ut effektbehov

Styrning av laddning är en typ av efterfrågeflexibilitet. Generella funktioner som efterfrågeflexibilitet kan erbjuda är enligt en rapport från Ei<sup>33</sup> effektivare resursanvändning, frekvensreglering samt att motverka effektbrist och lokala nätproblem. Ju större del av fordonsflottan som elektrifieras, desto större blir påverkan av fordonsladdning på elsystemet. Om inte smart laddning implementeras i någon vidare utsträckning riskerar laddningen i stället att få en negativ påverkan på elnätet, i stället för de positiva funktioner som erhålls av smart laddning.

Från AP1 finns prognoser som pekar på att så mycket som 100 % av nybilsförsäljningen för personbilar kan bestå av elbilar år 2030. Till 2035 kan även detta vara sant för lätta lastbilar. Om laddningen av dessa bilar skulle sammanfalla tidsmässigt, till exempel under sen eftermiddag eller tidig kväll efter arbetsdagens slut, kommer detta bidra till en ökning av effektbehovet under de traditionella höglasttimmarna. Om även åkeriernas tunga fordon börjar laddas samtidigt kan påverkan på elsystemet bli enorm. Däremot, om elfordonsladdning görs på ett smart och koordinerat sätt finns stor potential. En studie visar att smart laddning av personbilsflottan 2045, bestående av 100 % elfordon varav 20 % hybrider, har en

<sup>31</sup> EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om utbyggnad av infrastruktur för alternativa bränslen. 2023.

<sup>32</sup> Energimyndigheten. Handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas. 2023.

<sup>33</sup> Energimarknadsinspektionen. Tjänster för efterfrågeflexibilitet. 2022.

flexibilitetspotential om 2 GW dagtid och 3 GW nattetid.<sup>34</sup> Det finns alltså god anledning att undersöka hur laddningen kan styras för att kontrollera den totala sammanlagringen av effekter.

Elnätet påverkas på olika sätt när olika delar av transportsektorn elektrifieras. Där en depå för tunga fordon elektrifieras kommer ett stort lokalt effektuttag erhållas, ofta planeras denna anslutning på regionnätetsnivå. Laddningen av dessa har potential att planeras, då en aktör ofta rör över ett stort antal fordon. Elektrifieringen av personbilsflottan kommer i stället påverka lokalnätet och med större geografisk spridning, där ett större antal laddare men med lägre effekt ansluts. Denna tillkommande last är också mer komplex att samordna, eftersom det handlar om ett stort antal privatpersoner.

#### *Tekniska lösningar och begränsningar*

Smart laddning innebär att laddningen av ett fordon styrs, baserat på en eller flera parametrar. Laddeffekten kan styras upp eller ner, stängas av helt eller flyttas i tiden baserat på styrsignaler. Vanligtvis används elpriset som en styrparameter, då det är en tydlig och lättillgänglig signal som dessutom innebär ekonomiska fördelar för konsumenten. Dessutom innebär det ofta en fördel för elsystemet, eftersom elpriset är högt under timmar med stor efterfrågan. Då smart laddning styr bort laddningen från just dessa timmar innebär detta att den sammanlagrade effekten från systemets totala laster blir lägre.

Det finns flertalet tekniska lösningar som tillgängliggör de funktioner som smart laddning medför på ett sätt som blir enkelt för användaren att hantera. Genom att samla information om elprisprognos, önskad batterinivå och avfärdstid, kan smarta laddboxar, eller bilen själv styra laddningen på optimalt sätt. Smarta laddboxar styrs med hjälp av molntjänster och appar. Utöver det finns i många nyare elbilar också en liknande typ av funktionalitet inbyggd, som till exempel kan nås via bilens egen app. Därtill finns aggregatorer som utvecklar egna appar för att hantera fordonsladdare och bilar.

Lastbalansering är en funktionalitet som ofta erbjuds som ett tillägg vid köp av laddbox. Lastbalanseringen kan vara antingen statisk eller dynamisk. Statisk lastbalansering är en effektvakt som begränsar laddboxens effektuttag. Dynamisk lastbalansering innebär att man fördelar tillgänglig effekt mellan olika lasters behov. Ofta tillämpas det genom att fordonsladdningen begränsas till den effekt som inte används av resten av huset, i syfte att inte överskrida huvudsäkringens storlek. Om lastbalanseringen sker med en extern effektvakt krävs kommunikation mellan effektvakten och laddboxen, ofta via internet, men det finns laddboxar som har inbyggd lastbalansering. Lastbalanseringen kan optimeras med husets övriga laster samt eventuell lokal elproduktion från solceller. Resultaten från AP3 visar att en effektvakt ger tydlig minskning av problem med spänningsfall och överbelastning av transformatorer i lokalnätet.

Lastbalansering medför att laddinfrastruktur med hög laddeffekt kan installeras även om tillräcklig nätkapacitet saknas för att laddstationen ska leverera full effekt till samtliga laddare, om man räknar med att all kapacitet inte alltid kommer att

<sup>34</sup> DNV-GL. Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät. 2021.

utnyttjas. I det fall då många laddar samtidigt och effektgränsen riskerar att överskridas kan effekten styras ner något på samtliga laddare, och därmed undvika att överskrida effektgränsen. Prioritering mellan olika laster bakom en anslutningspunkt blir således högrelevant för laddoperatörer, men även andra aktörer kan använda sig av detta. Åkerier kan välja att prioritera hög laddeffekt till ett fordon som kör enligt ett pressat tidschema. Fastighetsägare och i viss mån privatpersoner kan undvika att överskrida sina effektabonnemang, vilket ofta är förenat med avgifter, vilket också kan kombineras med avancerad styrning av en byggnads övriga interna laster, såsom värmepumpar.

”Matter” är ett protokoll som lanserades i slutet av 2022, vars funktion är integrera olika enheter i Internet of Things. Några system som var tidiga att använda standarden var Google Home, Amazon Alexa och Apple home.<sup>35</sup> Idag kan systemet hantera bland annat värme och ventilation, vitvaror och belysning, men elbilsaddare är ännu inte kompatibla med protokollet i någon större utsträckning. I ett framtida scenario kan nyttan med smart laddning maximeras om samtliga apparater som utgör hemmets elbehov kan samplaneras. Därför bör tillverkare av fordon och laddinfrastruktur undersöka möjligheten att utveckla sina styrsystem mot en ökad kompatibilitet med Matter.

#### *Utformning av styrsignal*

En rapport från 2019 definierar ”smart laddning” som ”laddning av ett elfordon som kan förläggas till när kostnaden för att producera och leverera el är lägre, utan att kompromissa med fordonsägarens behov”.<sup>36</sup> Författarna listar tre viktiga pusselbitar för lyckad integrering av elfordon i elnätet, nämligen: ett pris som väl reflekterar variationer i el och nätkostnader, smart teknik samt välplanerad infrastruktur. De framhåller att de två sistnämnda åtgärderna främst förstärker effekten av den förstnämnda, genom att göra det enklare för kunden att förhålla sig till prissignaler, men att dynamiska prismekanismer är centrala.

Det kan alltså vara relevant att även se över ytterligare styrsignaler för smart laddning, utöver elpris, för att förhindra att kapacitetsproblem uppstår i nya situationer. Ett mer nyanserat nätpris ger möjlighet till smart laddning som även tar hänsyn till en styrsignal för nätkapacitet. På så sätt kan smart laddning kapa effekttoppar och schemalägga laddningen till en tid när effektbehovet är lågt. Här har elnätsbolagen incitament att se över hur de väljer att utforma nättarifferna, eftersom de gynnas av att kunder i sina nät har en jämn förbrukning. Detta diskuteras mer i avsnitt 3.3.3.

I AP3 modellerades lågspänningsnätet med olika laddbeteenden, se avsnitt 2.2.3. Modelleringsresultaten visar att direkt laddning leder till problem i de typiska topplastsituationerna, som under vinterhalvåret och kvällstid. Smart laddning, vilket i detta fall innebär prisoptimerad laddning, leder över lag till minskad sannolikhet för spänningsfall, även om den faktiskt ökar under vissa enskilda, blåsiga dagar. Under dessa dagar är sannolikheten för spänningsfall relativt stor, eftersom modelleringens prisoptimerade laddning baseras på elpris och alltså påverkas av andelen vindkraft i elmixen. En blåsig dag lede alltså prissignalen till

<sup>35</sup> Energimyndigheten. Smart styrning av elanvändning. 2023

<sup>36</sup> Hildermeier, Julia, et. al. Smart EV Charging: A Global Review of Promising Practices. 2019.

en hög efterfrågan vilket orsakar risk för spänningsfall. Resultaten visar på en tydlig korrelation mellan elproduktion från vindkraft och sannolikheten för spänningsfall, eftersom hög andel el från vindkraft ofta innebär ett lågt elpris, vilket visar på att det finns en risk med att endast använda pris som styrsignal. Vidare undersökte modelleringen också prisoptimerad laddning kombinerat med en effektbegränsning vid vissa tidpunkter, vilket gav klart minskade risker för spänningsfall även under blåsiga dagar. Detta kan tänkas illustrera resultatet av en väl utformad effekttariff i praktiken, då ett högt pris fungerar som en slags ekonomisk begränsning för smart laddning som kan använda både el- och nätpris som styrsignal.

#### *Krav på styrsystem från olika aktörer*

Många moderna laddboxar och bilar har inbyggd funktionalitet som hjälper fordonsägaren att planera sin laddning. Sådan förenklande funktionalitet är viktig för att nå bred acceptans för elfordon, eftersom det kan vara ett hinder för storskalig elektrifiering om en för stor beteendeförändring krävs av människor. Det finns mycket pågående teknikutveckling på området, allt fler och smartare funktioner i bilar och laddboxar dyker upp. Resultaten från WS1 visar att system som är automatiserade eller enkla att förstå är högt efterfrågade, se Resultat från WS1A. Därtill är det viktigt för fordonsägaren att kunna lita på att det finns tillräckligt mycket räckvidd i batteriet vid rätt tidpunkt. Intelligent algoritmer som kan förutse fordonsägarens beteende samt optimera laddning utifrån priser blir vanligare och gör det smidigare och smidigare att ladda sin bil på ett optimalt sätt. I WS1 identifierades kostnadsbesparing som den största fördelen med smart laddning. Det kan alltså finnas en poäng i att förtydliga vilken kostnadsbesparing som uppnås i och med den smarta laddningen jämfört med direkt laddning, till exempel genom att tydligt illustrera detta i användargränssnittet, för att öka användningen av sådan funktionalitet.

För de aktörer som hanterar ett större antal bilar, som åkerier eller andra flottor, kan laddstrategin få stor ekonomisk betydelse eftersom sådana aktörer både har ett stort effekt- och energibehov. För dem är det viktigt att styrsystemet för den smarta laddningen går att integrera i de befintliga system som ofta finns i verksamheten. Till exempel, åkerier har i dagsläget komplicerade scheman för logistik. Här tillkommer fordonsladdning som ett ytterligare lager av komplexitet. För att det ska vara rimligt för dem att hantera elfordon behöver laddningen kunna schemaläggas på ett harmoniserat sätt med övriga rutter och stopp. Hur väl laddningen kan integreras och optimeras med åkeriets rutter får stor betydelse för den sammanlagrade effekten, eftersom laddning av tyngre fordon ofta sker med högre effekt, vilket innebär en potentiellt mycket större påfrestning på elnätet. Intervjuresultat från en rapport av Power Circle visar på att hög nyttjandegrad av fordon är centralt för transportbolag, för att investeringen i elfordon ska bli lönsam.<sup>37</sup> Slutsatsen av det är att det mest önskvärda är att endast använda snabbladdning och därmed förhålla sig till laddningen som till konventionell tankning. Dock visar resultaten från WS1 i detta projekt att det kan finnas fördelar för åkerier att tillämpa smart laddning, se Resultat från WS1A. Framför allt kan dessa fördelar uppstå när den smarta laddningen integreras på ett välfungerande

<sup>37</sup> Power Circle. Efterfrågefleksibilitet från kommersiella transporter. 2023.

sätt i resterande logistikplanering. Ett åkeri kan således påverka kostnaderna vid sin depå genom att teckna timprisavtal och styra mot elpris eller genom smart lastplanering för att sänka sin effektkostnad. Representanter från åkeriföretag menar att information om väder och vägslag, vilket är faktorer som påverkar elförbrukningen, kan integreras i systemen för att optimera laddstrategin för fordon.

Fastighetsägare som förvaltar ett större bestånd har ofta energisystem som möjliggör styrning och övervakning av konsumtionsenheter, ofta kopplat till värme och ventilation, på distans. För dessa aktörer är det viktigt att även fordonsladdningens styrsystem kan integreras i befintliga system för att möjliggöra koordinering och optimering av fastighetens totala effekt- och energibehov.<sup>38</sup>

Laddoperatörers affärsidé inkluderar att minimera kostnaderna och maximera intäkterna per laddplats. För att uppnå detta är det önskvärt att styrsystemen möjliggör dynamiska priser mot kunden, vilket gör det möjligt för laddoperatörerna att överföra toppar i nät- och elpriser till kunden. Samtidigt måste priserna vara tydliga och lättförståeliga för kunden, för att uppfylla krav i AFIR. Det finns dock en viss begränsning för laddoperatörerna att förflytta laster i tid, eftersom kunder som besöker laddplatser utanför hemmet ofta är ute efter snabbbladdning för att kunna fortsätta sin resa. Detta innebär att det är viktigare att få laddningen överstökad så att kunderna kan resa vidare, snarare än att sänka effekten för att sänka kostnaderna. Detta ingår också i laddoperatörens affärsidé och man har ofta investerat i DC-laddare, vilka är dyrare än AC-laddare, just för snabbhetens skull. Det kan dock finnas affärsmodeller som balanserar snabbbladdning med smart laddning, vilket kan vara intressant att utforska vid tider med lägre beläggningen på laddplatsen, som till exempel nattetid.<sup>39</sup>

Att tiden det tar att ladda ett elfordon ofta överskrider hur lång tid det tar att tanka en fossildriven bil utgör ett hinder i vissa situationer. Ökande laddeffekter leder till allt kortare laddtid, men då snabbbladdning är påfrestande för batteriet kan det vara önskvärt att undvika. En teknisk lösning på detta är batteribyte, så kallat swapping. Batteribyte innebär att ett urladdat batteri monteras loss från fordonet och ersätts av ett fulladdat. Detta innebär att föraren måste uppsöka en plats där fulladdade batterier förvaras och kan bytas ut mot tomma. Metoden har fördelar för mindre fordon, såsom mopeder, eftersom ett mindre batteri innebär att bytet kan göras enkelt för hand av föraren. Samtidigt innebär batteribyte för tung trafik, som annars kräver stora snabbbladdningsstationer, en större fördel ur kapacitetsperspektiv eftersom stora effektuttag kan undvikas. Intresset från fordonstillverkare verkar dock inte så stort, idag har en kinesisk biltillverkare pilotstationer med batteribyte i Sverige. Batteribyte kan också innebära förlängd livstid för batterierna om man kan schemalägga när bytet kommer att ske, eftersom batterierna som ligger på laddning i väntan på att bli upplockade kan hållas vid optimal laddnivå, ofta mellan 20 – 80%. När ett byte närmar sig kan batteriet

<sup>38</sup> Energiforsk. MARKNADSPLATS FÖR HANDEL MED ENERGI I DET LOKALA ENERGISAMHÄLLET. 2022

<sup>39</sup> Langenhuizen, Sander et.al. SCALE: Stakeholder analysis. 2022.

laddas fullt strax innan. Eftersom batteriets slits av att ligga fulladdat är detta önskvärda förhållanden.

För elhandelsföretag gäller kravställningen på styrsystem framför allt vilken information som delas. Elhandelsföretagen kan maximera fördelarna med smart laddning om kommunikationsprotokoll finns implementerade i styrsystemen, eftersom informationsutbytet mellan elhandelsföretaget och laddplatsen krävs för att optimera processen.<sup>40</sup>

Då styrning av laddning kan leda till att effekt- och energibehov frångår traditionella mönster försvåras elhandelsföretagens och de balansansvarigas prognosarbete. Önskvärt för dessa aktörer vore om alla konsumenter hade ett helt förutsägbart behov. Detta är dock inte situationen i dagsläget och framöver kan konsumenter förväntas bli ännu mer aktiva och responsiva. De balansansvariga kan anpassa sig till detta faktum genom att ha många olika resurser i sin portfolio, där fordonsladdning och V2X kan utgöra en del.<sup>41</sup> I de fall som en tredje part, till exempel en aggregator, styr laddningen på ett sätt som skapar obalanser för BRP, ska BRP få ersättning som täcker de avgifter som utgår för obalans, vilket diskuteras mer i avsnitt 3.3.4.

För nätbolagen som använder villkorade avtal kan styrsystem bidra till att efterleva villkoren. Genom att anpassa smarta styrsystem till villkoren i avtalet, eller genom att ge möjligheten att fjärrstyra laddningen, minskas de administrativa hindren med villkorade avtal, då styrningen kan ske utan en manuell utförare.

I takt med att balanstjänster och flexibilitetsprodukter används i större utsträckning blir det viktigt med kommunikation mellan nätbolagen och Svk, för att undvika att man avgränsar analysen till en nätnivå vilket riskerar att deras aktiviteter motverkar varandra.<sup>42</sup>

För att undvika den problematik som uppstår när en växande flotta elbilar tillämpar smart styrning av laddning baserat på samma styrsignal har Storbritannien lagstiftat om att en slumpmässig fördröjning på upp till 10 minuter ska tillämpas vid start av smart laddning, vilket ska förhindra "överslag". Detta gäller så länge laddningen inte levererar någon flexibilitetstjänst<sup>43</sup>, eftersom det då kan krävas snabbare reaktionstid beroende på vilken tjänst som levereras. Energimyndigheten föreslår i en rapport från april 2023 att detta även borde utredas för Sverige.<sup>44</sup>

Slutligen kan det poängteras att aktörer som kan komma att rå över ett stort antal laddpunkter, såsom laddoperatörer, kommuner och fastighetsägare, får en viktig roll som kravställare då utrustning av laddinfrastruktur sker. Genom att de upphandlar laddinfrastruktur som följer relevanta standarder, såsom listat i

<sup>40</sup> Langenhuizen, Sander et.al. SCALE: Stakeholder analysis. 2022.

<sup>41</sup> Ibid

<sup>42</sup> Ibid

<sup>43</sup> UK Statutory instruments. The Electric Vehicles (Smart Charge Points) Regulations 2021. 2021

<sup>44</sup>Energimyndigheten. Smart styrning av elanvändning. 2023.

projektet SCALE<sup>45</sup>, erhålls en över lag harmoniserad och förutsägbar laddinfrastruktur vilket möjliggör en hög elektrifieringstakt av fordonsflottan.

Det är alltså fastställt att smart laddning kan erbjuda många olika tjänster till elsystemet och tekniken för detta finns redan idag, genom till exempel appstyrda laddboxar och dynamisk lastbalansering. Korrekta prissignaler är centrala för att smart laddning ska få önskad effekt. Priset måste reflektera variationer både i el- och nätkostnader på ett bra sätt. Kunden måste ha ett avtal och en elmätare som fångar upp detta både för el och nät, alltså minst timupplösning idag, men i framtiden med ännu högre upplösning. Med utgångspunkt i att prissignalerna borde reflektera såväl elpriser som nätpriser blir det att nödvändigt att se över hur nätpriserna på ett enkelt och transparent sätt kan delas med aktörer att använda för smart styrning. Många aktörer hämtar idag spotpriser för el direkt från NordPool spot, men ingen liknande källa finns för framtida dynamiska nättariffer. Just korrekta prissignaler är grundläggande för lyckad implementering av smart laddning, men andra åtgärder kan förstärka effekten eller förenkla implementeringen.<sup>46</sup> Bedömningen är därför att funktionalitet såsom datadelning mellan system, automatisering eller smarta algoritmer för prognoser kan underlätta eller snabba på storskalig implementering av smart laddning, eftersom de förenklar för konsumenten och har förmåga att leda till ökad acceptans.

### 3.2.2 Lokal energilagring lämpligt för snabbaddplatser

Det är etablerat att snabbaddning av fordon riskerar att bidra till att det uppstår lokala flaskhalsar i elnätet, då det kräver höga laddeffekter. En av de resurser som finns för att motverka detta problem är lokala energilagring i form av stationära batterier vid anslutningspunkten. Stationära batterier kan spela en viktig roll för att möjliggöra ett ökat antal laddplatser och en högre laddeffekt lokalt.

Stationära batterier fungerar som en buffert i anslutningspunkten då batteriet kan lagra el, till exempel när kapaciteten eller priset lågt, och sedan erbjuda laddning på ett sätt som inte anstränger elnätets kapacitet. Detta gör det möjligt för aktörer, exempelvis laddoperatörer, att snabbare kunna etablera sin verksamhet om nätkapacitet saknas, eller utöka kapacitet i en befintlig anslutningspunkt. Detta är viktigt då just långa ledtider för nya nätanslutningar riskerar att utgöra en flaskhals vid etablering av snabbaddningsstationer och/eller andra typer av publik laddinfrastruktur i större skala. Ett exempel på lyckad implementering är samarbetet mellan Skellefteå Kraft och OKQ8, där batterier installerades vid laddplatser för att möjliggöra tre laddare med en effekt på 150 kW, ett år snabbare än leveranstiden för den önskade effekten från nätet.<sup>47</sup>

Dessutom kan ett batteri bidra till att minska belastningen på nätet under peak-perioder och sänka nätanslutningskostnader. Batteriet kan även hjälpa operatören att styra bort sin konsumtion från timmar med högt elpris, genom att i stället använda el från batteriet, och därmed minska sina elkostnader. Vidare kan batterilager bidra till flera andra nyttor i det framtida elsystemet – såsom

<sup>45</sup> Meersmans, Jelle. SCALE: Analysis of hard- and software requirements. 2023.

<sup>46</sup> Hildermeier, Julia, et. al. Smart EV Charging: A Global Review of Promising Practices. 2019.

<sup>47</sup> Cision News. Skellefteå Kraft bygger laddstation med batterier i väntan på nätanslutning. 2023

frekvensreglering, laststyrning, reservkraft eller dödnätsstart.<sup>48</sup> Fokus i denna rapport ligger dock på batterilagers roll i att möjliggöra elektrifiering av transportsektorn, vilket sker framför allt genom att möjliggöra snabbladdning i situationer med begränsad nätanslutning.

Genom att kombinera batterilager med snabbladdare kan man skapa en mer flexibel energilösning som kan anpassas efter efterfrågan. Det finns en stor potential i att använda batterilager i kombination med snabbladdare. Detta koncept har redan börjat användas, till exempel i Skövde<sup>49</sup>, på Höga Kusten<sup>50</sup>, sportlovsaddning i Sveg<sup>51</sup> och utomlands<sup>52</sup>. Batteriet möjliggör snabbladdning, vilket innebär ett högre effektuttag, även om anslutningen är i ett nät med begränsad kapacitet. Batterilagring i samband med snabbladdning är alltså särskilt viktigt för konsumenter som har så tydliga och korta peak-perioder att en nätförstärkning inte är befogad.

För att utreda potentialen i batterilager för att motverka kapacitetsbrist har Power Circle tillsammans med Uppsala universitet, RISE och Energimyndigheten drivit projektet *Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar*. Ett av projektets mål var att undersöka just i vilken utsträckning det är möjligt att ersätta eller skjuta upp behovet av nätinvesteringar med hjälp av batterilager. Projektet undersöker även hur batterilager kan användas för att lösa de utmaningar som väntas uppkomma i framtidens elsystem i samband med bland annat ökad andel laddbara fordon. Resultaten från projektet visar att många nätbolag ställer sig avvaktande till att använda bland annat batterilager, vilket beror på en osäkerhet kring regelverk och kostnader jämfört med investeringar i kablage. Man poängterar också den viktiga skillnaden att batterierna inte får ägas av nätbolagen, vilken gör att de inte kan bli direkta verktyg för nätbolagen själva att använda sig av. Det måste till nya affärsmodeller och avtal mellan nätbolagen och den privata aktör som investerar i batteriet. Vidare menar man att "kompetensbrist, kunskapsbrist och kulturella hinder hos elnätsbolagen" har utgjort hinder för implementering av energilager. Däremot, i detta projekt har elnätsbolagen uppvisat en sammantaget hög tilltro till potentialen hos energilager för denna typ av syfte, samtidigt som man är medveten om att detta redan är implementerat på flera håll. Dessutom visade workshopresultatet i detta projekt att man inte betraktar detta som en särskilt komplex åtgärd. Det visar på en positiv utveckling under de senaste åren.

En utmaning med batterilager är den relativt stora investeringskostnaden jämfört med andra lösningar, såsom exempelvis förbrukningsflexibilitet eller smart laddning. Därför kan ett batteri som installeras i syfte att möjliggöra snabbladdning även planeras erbjuda ytterligare funktioner, som energiarbitrage eller att bidra med stödtjänster, för att hjälpa till att betala investeringen. Dubbla

<sup>48</sup> Power Circle. LOKAL ENERGILAGRING ELLER TRADITIONELLA NÄTFÖRSTÄRKNINGAR?. 2023.

<sup>49</sup> Tidningen Energi. Snabbladdning med batterilager kan kapa effekttoppar i Skövde. 2022.

<sup>50</sup> Mynewsdesk. Batterilager med snabbladdare i Junsele förstärker laddmöjligheterna i Höga Kusten. 2022.

<sup>51</sup> Mer. Snabbladda på väg till fjällen under sportlovet med Mer, Audi, Skistar och Jämtkraft. 2023.

<sup>52</sup> ChargePoint. ChargePoint and Stem to accelerate deployment of EV charging and battery storage solutions for DC fast charging. 2023.



syften för batterier medför en ökad komplexitet som innebär att en optimering måste baseras på ett antal parametrar. Här finns ett behov av datahantering, modellering och maskininlärning för att optimera driften av batteriet.

Att batterier rimligtvis kommer att uppfylla fler syften än endast energilagring för att möjliggöra laddning gör att det inte kan likställas med elnätsinvesteringar, vilket påpekas i *Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar*, utan snarare bör en batteriinvestering bedömas utifrån de tjänster som det kan bidra med.

Bedömningen är att energilager är en åtgärd som är relativt enkel att implementera och har stor potential att frigöra kapacitet. Åtgärden bör därför övervägas i fler anslutningsärenden, speciellt när det gäller tung trafik samt på platser där kapaciteten endast utgör ett problem under få timmar per år. En batteriinvestering ger även möjlighet till nya affärsmodeller för laddoperatören, till exempel flexitjänster och arbitrage. Stor investeringskostnad leder till att batteriet ofta planeras kunna erbjuda fler tjänster än bara laddning för att göra investeringen lönsam.

### 3.2.3 Dubbelriktad laddning kan ge stora effekter men är ännu inte kommersialiserat

Vehicle-to-grid (V2G) innebär att ett fordon som är anslutet till elnätet tillämpar så kallad dubbelriktad laddning för att leverera någon tjänst eller möta ett behov i elnätet. Dubbelriktad laddning innebär att elektriciteten både kan flöda som konventionell laddning, från nätet till bilens batteri, och i motsatt riktning. V2G innebär alltså att bilbatteriet kan stötta elnätet genom att mata ut kapacitet vid tillfällen då efterfrågan är större än utbudet.

Konceptet där elen flödar från bilens batteri finns även i andra utföranden, utöver V2G. Vehicle-to-building (V2B) innebär också dubbelriktad laddning, men endast mellan batteriet och en byggnad. Ett exempel på V2B är vehicle-to-home (V2H) där bilens batteri kan sänka ett hushålls energi- och effektbehov genom att bilbatteriet tillgodoser delar av behovet. Vidare finns V2L som innebär att bilens batteri kopplas direkt till en specifik last. V2X används ofta som ett samlingsbegrepp för dylika variationer.

#### *Tjänster från V2X och praktisk potential i olika kontexter*

Den dubbelriktade laddningen möjliggör att en rad tjänster kan levereras till olika behovsägare. V2X kan således möta flera behov, både på elsystemnivå och på lokal nivå, för aktörer som äger fordon eller fastigheter. Tekniken kan alltså bidra till en storskalig elektrifiering av fordonsflottan både för att lindra effekterna av stora effekt- och energibehov från fordonsladdning, samt genom att öka acceptansen hos privatpersoner eftersom det medför en ekonomisk fördel. Beroende på graden av implementering av V2G i transportsektorn, alltså hur stor del av den totala fordonsflottan som bidrar med kapacitet, kan olika funktioner bli relevanta för elfordon.

Något som ofta framhävs som anmärkningsvärt när det kommer till V2G är den omfattande batterikapacitet som utgörs av elfordonsflottans samlade batterier. Power Circle beräknar att om en miljon fordon upplåter 10 kWh från sitt batteri (ca

15 %) räcker det för att under 20 minuter ge omkring 30 GW till nätet, vilket motsvarar Sveriges topplastbehov.<sup>53</sup> I kombination med kännedom om att personbilar står parkerade över 90% av tiden<sup>54</sup> uppstår en möjlighet att utnyttja denna batterikapacitet. Med en hög grad av implementation finns alltså goda möjligheter för fordonsflottan att bidra till ett välfungerade elsystem. Exempel på tjänster som elfordon kan leverera tack vare V2G är stödtjänster, energilagring och reservkraft.<sup>55</sup> Genom att använda V2G i stället för att göra nya investeringar kan indirekta besparingar göras, eftersom kostnaden för investeringarna i slutänden hade burits av kundkollektivet.

Förutom att leverera tjänster till elsystemet kan dubbelriktad laddning möjliggöra kostnadsbesparingar för exempelvis privatpersoner och fastighetsägare. Inom en byggnad kan bilarnas batteri användas för att utjämna effekttoppar, vilket kan innebära en ekonomisk besparing i form av lägre effektbehov. Dessutom möjliggör det att undvika eluttag från nätet under timmar med högt elpris. Privatpersoner som låtit installera solceller på sitt tak blir alltmer intresserade av energilagring för att optimera driften av solcellerna. V2G kan med fördel kombineras med installation av solceller i anslutning till laddningen, för att optimera nyttjandet av solcellerna i relation till fastighetens energibehov, utan ytterligare investering i ett hembatteri. På så sätt erhålls även energiresiliens för fastigheten, eftersom det finns teknik i vissa V2G-laddare som möjliggör att driva hemmet med hjälp av elbilsbatteriet även om överliggande elnät ligger nere, så kallad ö-drift. Ytterligare funktionalitet kan vara att låta bilbatteriet utföra arbitrage, det vill säga ladda upp batteriet under timmar då elpriser är lågt, för att sedan sälja tillbaka till nätet då elpriset är högt. Detta kräver dock en stor skillnad mellan högpris- och lågpristimmar för att bli lönsamt.

Under WS1 lyftes både fördelar och nackdelar med dubbelriktad laddning, se Bilaga A: De ekonomiska fördelarna med V2G, som till exempel intäkt från stödtjänster eller flexibilitet eller sänkta kostnader genom lastplanering, lyftes framför allt för privata laddplatser såsom bostäder och depåer. Detta beror rimligen på att det är svårare att fördela intäkterna vid publika laddplatser, vilket gör att de ekonomiska fördelarna med V2G inte blir lika tydliga där. Vid bostäder och depåer finns tydligare ansvars- och nyttofördelning, eftersom fordonsägaren också är den som står på elräkningen. Vidare lyfts det tveeggade svärdet som är affärsmodeller för V2X. De nya affärsmodellerna som krävs för att uppnå fördelarna med tekniken kan bli komplexa, men utgör också en möjlighet till ett stabilare elsystem om de utformas så att de uppmuntrar fordonsägare att agera i harmoni med elsystemet. Dessutom lyfts förbättrad batterihälsa som en fördel, vilket diskuteras vidare i kommande avsnitt.

#### *Tekniska förutsättningar och standarder*

Ofta uttrycks en oro för att V2X ska innebära stora påfrestningar för elfordons batterier, med förkortad livslängd som följd. Det är ett känsligt ämne eftersom batteriet är både den viktigaste och dyraste delen av bilen och ofta omfattas av

<sup>53</sup> Power Circle. Vad är V2G - Vehicle to Grid?. 2020.

<sup>54</sup> Naturvårdsverket. Omvandling av ohållbara trafikleder och stadsdelar. 2023.

<sup>55</sup> Sovacool, Kester, Noel, & Zarazua de Rubens. *Actors, business models, and innovation activity systems for vehicle-to-grid (V2G) technology: A comprehensive review.* 2020

garantier från fordonstillverkaren. Den batterityp som används i elfordon är litium-jonbatterier och det finns flera orsaker till att sådana batterityper åldras. Orsaker till batteridegradering kan uppdelas i två huvudsakliga kategorier: kalenderåldrande, alltså åldrande till följd av tidens gång, och cykling, alltså åldrande till följd av laddning och urladdning. De orsaker som framför allt driver degradering av batteriet är tid, höga temperaturer samt antal cykler, men även urladdningsdjup och hög laddnivå har negativ inverkan.<sup>56</sup> Ännu finns inte konsensus om hur batteriet påverkas av V2X, dels finns studier som visar att livstiden förkortas<sup>57</sup> eller förblir relativt oförändrad<sup>58</sup>, men det finns också de som menar att den tvärt om kan förlängas<sup>59,60</sup>, eftersom V2G är ett verktyg som hjälper till att hålla batteriet vid optimal laddnivå. Dock är det viktigt att komma ihåg att i princip all form av användning förkortar livslängden på litium-jonbatterier. Alltså räcker det inte att endast bedöma åldrandet som följer av att använda batteriet på ett visst sätt, utan nyttan som erhålls måste jämföras med kostnaden som batteridegraderingen motsvarar. Många studier baseras på teoretisk modellering av slitaget och därför kan det vara lämpligt att framöver satsa på empiriska studier för att få resultat som är förankrade i praktiken.

Fordonsbatterier laddas och urladdas med likström, men på elnätet råder växelström. Därför krävs en växelriktare någonstans mellan bilens batteri och elnätet. Växelriktaren kan således placeras antingen i bilen eller i laddaren. För att uppnå V2G-funktionalitet krävs att växelriktaren kan växla strömmen i båda riktningar, så kallad tvåvägsväxelriktare. Ett hinder för storskalig utrullning av V2X-kompatibla produkter är att det ännu inte etablerats var denna växelriktare bör placeras, vilket introducerar ett mått av osäkerhet både för biltillverkare och laddboxtillverkare. Utöver att växelriktaren innebär en kostnad samt en vikt och volym finns det några skillnader i funktion beroende på var den placeras, framför allt gäller detta kommunikation av aktuella nätkoder.<sup>61</sup> Pågående arbete med kommunikationsprotokoll OCPP 2.1 inkluderar funktionalitet för att efterleva krav i nätkoder för både konfigurationer med växelriktaren ombord och i laddaren.<sup>62</sup>

SCALE är ett treårigt projekt som finansieras genom EU:s HORIZON-program, som ska undersöka smarta laddlösningar med speciellt fokus på V2X. I en delrapport från projektet "Analysis of hard- and software requirements"<sup>63</sup> presenteras en sammanställning av hårdvaru- och mjukvarukrav, inklusive standarder och protokoll för smart laddning och V2X. En sammanfattning av kraven följer i detta avsnitt.

<sup>56</sup> Serrano, Clara et.al. Impact Analysis of V2G Services on EV Battery Degradation -A Review. 2019.

<sup>57</sup> Dubarry, Matthieu et. al. Durability and reliability of electric vehicle batteries under electric utility grid operations: Bidirectional charging impact analysis. 2017.

<sup>58</sup> Thingvad, Andreas; Marinelli, Mattia. Influence of V2G Frequency Services and Driving on Electric Vehicles Battery Degradation in the Nordic Countries. 2019.

<sup>59</sup> Uddin, Kotub et. al. On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system. 2017.

<sup>60</sup> Wei, Yifan et. al. A Comprehensive Study of Degradation Characteristics and Mechanisms of Commercial Li(NiMnCo)O<sub>2</sub> EV Batteries under Vehicle-To-Grid (V2G) Services. 2022

<sup>61</sup> Power Circle. Vad är V2G - Vehicle to Grid?. 2020.

<sup>62</sup> Meersmans, Jelle. SCALE: Analysis of hard- and software requirements. 2023

<sup>63</sup> Ibid

Aktuella standarder är framför allt IEC 61851, ISO 15118 och IEC 62196. IEC 61851 är den standard som krävs för kommunikation mellan fordon och laddstolpen/-boxen för all typ av laddning. IEC 61851 reglerar elsäkerheten för konduktiv laddning genom AC eller DC, genom att krävställa driften av laddstolpen/-boxen och kommunikationen mellan laddstolpen/-boxen och elfordonen. Därtill fastställs flera säkerhetskrav, bland annat rörande elektromagnetism.

Standarden ISO 15118 kom till i syfte att komplettera IEC 61851 med den kommunikationsfunktionalitet som är nödvändig för att möjliggöra tvåvägsladdning. Med ISO 15118 kan alltså fordonet och laddstolpen/-boxen utbyta information som påverkar laddningen. Den senaste versionen av ISO 15118 är ISO 15118-20, som kom 2022. Några centrala funktioner hos ISO 15118 är:

- Schemalagd samt dynamisk kontroll av laddning
  - × Schemalagd laddning innebär att elfordonet bestämmer förutsättningarna för laddningen, med avseende på planerad tid för avfärd samt energibehov i batteriet, inom lokalnätbegränsningar som laddstolpen/-boxen uppfattar och förmedlar.
  - × Dynamisk laddning innebär extern styrning av laddningen, där fordonet underkastar sig laddstolpen/-boxen vilken i sin tur kan styras av ett överliggande system. Det är därmed upp till det överliggande systemet att säkerställa att krav på avfärdstid och energi i batteriet uppfylls. Dynamisk laddning är således användbart för kontroll av laddning av flottor.
- Information om batteriets storlek och laddningsnivå. Här påpekar SCALE ett behov för ytterligare utveckling för att även kunna överföra information om batterihälsa eller garantier kopplat till V2X.
- Information om elavtal, nätkoder, tariffer och fakturering.
- Funktionalitet som möjliggör utmatning både vid ö-drift och konventionell drift. Detta möjliggör alltså att använda bilen som reservenergikälla vid strömavbrott. Att endast ha kommunikationsstandarderna är dock inte tillräckligt för ö-drift, ytterligare hårdvarukomponenter krävs. För att byta mellan de två lägena krävs också att laddstolpen/-boxen har så kallad "anti-islanding"-funktionalitet.

En ytterligare standard som är relevant för laddning över lag är IEC 62196, vilken fastställer bland annat elektriska, mekaniska och designmässiga parametrar för anslutningsgränssnitten vid laddning, alltså själva anslutningsdonet. Det är alltså i denna standard som Typ-2 donet regleras, närmare bestämt i IEC 62196-2, samt IEC 62196-3 för snabb-laddningsdonet CCS2.

Open Charge Point Protocol (OCPP) är ett kommunikationsprotokoll för informationsutbyte mellan laddstolpar/-boxar och laddoperatörer. OCPP utvecklades i syfte att harmonisera sättet som kommunikation sker mellan laddoperatörernas kontrollsystem och själva laddstolpen/-boxen. Eftersom OCPP utgör ett gemensamt gränssnitt för kommunikationen fungerar laddoperatörernas kontrollsystem för alla laddfabrikat som följer protokollet. Det innebär också att alla laddare installerade i samma fastighet kan kommunicera, även om de är av olika fabrikat.

Open Smart Charging Protocol (OSCP) finns för att förmedla information om kapacitet i omkringliggande nät till laddoperatörer så att de kan reglera laddningen med hänsyn till tillgänglig kapacitet. Detta görs genom att elnätsägaren förmedlar en kapacitetsprognos för det kommande dygnet.

SCALE konstaterar att de standarder som redan finns på plats möjliggör smart laddning, men att ytterligare steg kan tas för att uppnå samtliga fördelar och funktioner med dubbelriktad och smart laddning.<sup>64</sup> Författarna efterfrågar vissa uppdateringar av standarden IEC 61851, för förbättrad kommunikation mellan elfordon och laddstolpen/-boxen, men framför allt snabbare reaktion från branschen när standarder uppdateras. För att öka incitamenten branschen att hålla sig uppdaterade uppmuntrar författarna att man till exempel i offentlig upphandling ställer krav på den senaste standarden. I kapitel 6 i "Analysis of hard- and software requirements" finns en detaljerad lista över relevanta standarder, vilken kan vara till stöd vid upphandling. Författarna menar också att uppkomsten av supratoner, störningar som kan utlösa en rad fel<sup>65</sup>, i nätet till följd av V2G bör regleras ytterligare.

#### *Hinder för storskalig implementering*

Trots den ofantliga tillgång i form av lagringskapacitet som batterierna utgör finns det en hel del hinder för implementering av V2G, speciellt på stor skala. Hindren har dessutom varierande karaktär, alltifrån regulatoriska, kompetensrelaterade till tekniska, beteenderelaterade samt kopplade till affärsmodeller.

Bland intervjuresultaten från detta projekt framträder ett hinder bland resten, nämligen att smart laddning, som på många sätt kan erbjuda liknande tjänster som V2G, idag har en högre grad av implementering, mognad och mycket lägre investeringskostnad. Även batterilager kan leverera samma tjänster, med minskad komplexitet eftersom man inte behöver göra avvägningen mellan att använda batteriet till elsystemtjänster eller transport. Den funktionalitet som man menar att V2G kan bidra med, som utjämning av laster, frekvensreglering, energilagring för resiliens, finns alltså redan från andra resurser. Mervärdet av V2G jämfört med smart laddning i kombination med andra elsystemtjänster är inte fastställt, vilket gör att den komplexa ansträngningen för att få till etablering av tekniken på stor skala kan kännas omotiverad. Att V2G trots detta tillskrivs stor potential av somliga förklaras med att man i sitt resonemang utgår från teknikens potential, alltså den omfattande utnyttjade batterikapaciteten, i stället för vilka behov som finns.

Ytterligare hinder för att utnyttja den funktionalitet som V2G har möjlighet att erbjuda är att det idag inte ännu skett en storskalig utrullning av tekniken. De tillämpningar av V2G som vi ser i Sverige idag är pilotprojekt på liten skala. Som tidigare nämnt är det vid skolskalig implementering av V2G i fordonsflottan som de stora fördelarna kan uppnås. För att komma dit måste flera pusselbitar falla på plats, som kommersialisering av tekniken, bredare acceptans, bevisad och kommunicerad nytta (ekonomisk och eller för elsystemet), och så vidare.

<sup>64</sup> Meersmans, Jelle. SCALE: Analysis of hard- and software requirements. 2023.

<sup>65</sup> Espín-Delgado, Ángela. Propagation of Supraharmonics in Low-Voltage Networks. 2022.

Ett annat hinder för V2G är att nyttjandet av batteriet för elsystemtjänster kan konkurrera med transportbehovet. I en situation där användaren måste prioritera mellan att använda batteriet för transport respektive elsystemtjänster kommer transporten först, vilket framkommer i resultaten från WS1 i projektet. Åkerier uppger att eftersom nya elfordon utgör en betydande investering är det önskvärt att de rullar så mycket som möjligt för att få investeringen att gå ihop. Det finns alltså indikationer på att även flottor går mot snabbladdning, då man vill ha högre nyttjandegrad på fordonen. En ökande andel snabbladdning kontra långsam laddning, gör att V2G blir mindre aktuellt för dessa flottor. Dessutom konkurrerar elbilarna med stationära batterier att leverera tjänster till elsystemet, vilket leder till en konkurrenssituation där stationära batterier har övertaget eftersom de är utvecklade i just rätt syfte, medan elfordon först och främst är utvecklade för transport. Stationära batterier har också en fördel att de inte bidrar till ökad komplexitet i systemet i lika stor utsträckning som V2G. Dessutom kan kostnaderna för en stationär applikation minimeras genom att installera ett begagnat batteri, vilket inte är fallet för ett elfordon.

Avsaknaden av mogna affärsmodeller utgör också ett hinder för V2G. Författarna har ännu inte hittat några exempel på implementerade mogna affärsmodeller. Det kan finnas anledning att förvänta sig att affärsmodellen för en aktör som vill verka inom V2G kan bli komplex, till exempel skilja sig mellan tätort och landsbygd, eftersom elnäten har olika behov för stödtjänster, tillgång till infrastruktur, samt att kunder har varierade bilvanor och -behov. Komplexiteten i affärsmodellerna beror också på att många aktörer behöver vara involverade för att skapa flexibiliteten och kunna tillgodogöra sig värdet av den, vilket resulterar i en komplex värdekedja. Det är i batteriet som flexibiliteten möjliggörs, men för att det värdet skall realiseras så behöver flexibiliteten antingen kunna säljas på en marknad (spotmarknad, lokala flexmarknader eller stödtjänstmarknaden) eller skapa nytta direkt till ägaren/handhavaren av bilen. Värdekedjan är därför komplex och många aktörer involverade så som billeverantör, laddboxtillverkare, bilägare, elleverantör, balansansvarig, eventuell aggregator samt olika systemleverantörer. Affärsmodeller för V2G undersöks vidare i en separat rapport för AP4.3 i detta projekt.

Enligt en studie från 2019 bedöms motstånd från kunder som den näst vanligaste hindret för att implementera V2G.<sup>66</sup> Det handlar om motvilja att låta någon annan styra sitt batteri, vilket i förlängningen kopplas till batteriets degradering, oförståelse inför konceptet och funktionaliteten kring V2G, samt hinder för bilens viktigaste funktion – körningen. Samtidigt antas i studien att framtiden komma att föra med sig förenklingar inom UX samt goda erfarenheter av tekniken, såsom begränsad batteridegradation och lyckad implementering, vilket kommer förändra kunders attityd.

Det är alltså en komplex sak att implementera V2G på en stor skala. Samtidigt visar intervjuresultat från detta projekt att efterfrågan på V2G har ökat hos kunder. Detta kopplas framför allt till tre saker, nämligen elprisvolatilitet, resiliens och teknikframsteg. Historiskt höga elpriser har gjort att allt fler blir intresserade av

<sup>66</sup> Noel, Lance. Navigating expert scepticism and consumer distrust: Rethinking the barriers to vehicle-to-grid (V2G) in the Nordic region. Transport Policy. Volume 76, April 2019, Pages 67-77

hur man kan ta kontroll över sina elkostnader. Energilagring i elbilens batteri kan ses som ett sätt att kunna optimera sin energiförsörjning med kostnadsperspektiv, eftersom man kan driva sitt hem på bilens batteri och på så sätt undvika att köpa el från nätet under de allra dyraste timmarna. Det finns ett ökande intresse hos privatpersoner att bli självförsörjande på olika sätt, däribland kopplat till energiförsörjning. Här ser man möjligheten för bilens batteri att bidra med viktig lagringsfunktionalitet i en krissituation. Tidigare har tekniken legat många år fram i tiden och varit mer abstrakt. Nu har flera stora biltillverkare annonserat att de satsar på V2G och den första laddboxen med V2G-funktionalitet förväntas komma till den svenska marknaden i år, 2023.

Förslaget är därför att förankra V2G i praktiken genom att genomföra pilotprojekt med kommersiella flottor, såsom depåer. Detta skulle möjliggöra att V2G-tekniken testas och utvärderas i en verklig situation. Det är också viktigt att hitta aktörer som vågar ta steget och prova tekniken först. Därtill behöver lämpliga affärsmodeller utvecklas.

#### *Vilka fordonstillverkare stödjer V2X?*

Japan har varit en föregångare när det gäller V2G, vilket ofta kopplas till den resiliens som tekniken erbjuder, eftersom Japan har skakats av naturkatastrofer som lett till att elsystemet slagits ut. Därför var japanska biltillverkare som Mitsubishi och Nissan tidigt ute och etablerade laddstandarden CHAdeMO. Dessa tillhandahåller möjligheten att köra V2G även i Europa, till exempel har Nissan genomfört ett pilotprojekt med V2G i Kungsbacka (Montel, 2020). Men i Europa har en annan standard valts för ladduttag, nämligen Typ-2 och CCS Typ-2, vilket gör att kommersiell uttrullning av de japanska tillverkarnas produkter inte kan överföras direkt på den europeiska marknaden. Detta gör att storskalig implementering av V2G i Europa först måste invänta kommersialisering av den teknik som möjliggör V2G med europeisk laddstandard.

Flertalet biltillverkare har redan idag eller planerar inom snar framtid släppa bilar som är "V2G-ready", däribland Volkswagen, Ford, Volvo, Polestar, Hyundai, Nissan med flera. Att en bil är "V2G-ready" innebär att den har större delen av funktionaliteten som krävs på plats, som hårdvarukompatibilitet och kommunikationsstandard ISO15118. Ännu finns ingen tillgänglig produkt för den europeiska marknaden där laddaren har dubbelriktad funktionalitet. Endast två laddboxar kunde hittas med denna typ av funktionalitet för europeisk laddstandard. Ingen av dessa finns i skrivande stund till salu. Desto fler alternativ finns för standarddon från andra delar av världen, till exempel CHAdeMO och CCS1.

- Wallbox Quasar 2. Föregångaren fungerade bara med CHAdeMO. Laddaren har egen växelriktare, vilket gör att bilen inte behöver ha det. Växelriktare gör att denna laddbox blir dyrare. Har sk. "blackout mode", det vill säga reservkraftsfunktionalitet vid strömavbrott. Säljs inte i Sverige än, men förväntas i slutet av 2023. Uppskattningar om pris runt 50 000–100 000.
- Solar Edge bidirectional EV charger. Säljstart förväntas 2024.

### 3.2.4 Varierade erfarenheter av lokala flexibilitetsmarknader

Lokala marknader för effektflexibilitet har som mål att möjliggöra köp av flexibilitetstjänster för elnätsbolag. Denna marknad fungerar som ett komplement till andra marknader, såsom spotmarknaden och balansmarknaden. Det finns ett antal pilotprojekt för lokala flexibilitetsmarknader i Sverige, dessa är sthlmflex (Stockholm), Coordinet (Uppsala, Skåne, Gotland, Västernorrland/Jämtland) samt Effekthandel Väst (Göteborg).

Ett exempel på hur fordonsladdning kan delta på lokala flexibilitetsmarknader är genom att låta en aggregator styra laddningen av elbilar och på så sätt sälja kapacitet på flexmarknader. Detta görs för närvarande av Tibber på sthlmflex och Batteryloop på Effekthandel Väst.

Till skillnad från villkorade avtal, som naturligtvis kan vara fördelaktiga för att uppfylla specifika behov eller krav vilket diskuteras i avsnitt 3.3.2, skapar lokala flexibilitetsmarknader en konkurrensutsatt marknadssituation. Det maximerar antalet potentiella aktörer som kan erbjuda sina tjänster och innebär transparenta och konkurrenskraftiga priser.

Från workshops med aktörer som deltagit i pilotprojekt med flexibilitetsmarknader är upplevelser och erfarenheter skilda. Vissa har identifierat problem med likviditet och bristande betalningsvilja på marknaden. Denna bristande betalningsvilja kan vara ett hinder för att utveckla en effektiv flexibilitetsmarknad. Att marknaderna har så pass få bud vittnar om att de kapacitetsproblem som finns inte är tillräckligt omfattande för att skapa en välmående marknad. En annan utmaning som identifierats är behovet av teknik och styrsignaler för att möjliggöra kommunikation mellan aktörerna på marknaden.

Att genom lokala flexibilitetsmarknader frigöra flexibilitet och på så sätt nyttja elnätet mer effektivt ses av flera elnätsbolag som ett komplement till nätutbyggnad och som ett sätt att kunna ansluta kunder snabbare. Till exempel skriver ett nätbolag på sin hemsida att "Genom att erbjuda flexibilitet ökar man chansen till egna nya intäkter och bidrar dessutom till att vi kan använda elnätet ännu mer effektivt i stället för att vänta på att elnätet ska byggas ut". En masteruppsats från KTH som bland annat utforskade sthlmflex och potentialen av aggregerad efterfrågefleksibilitet från värmepumpar och elbilar i småhus presenterar slutsatsen att "den potentiella efterfrågefleksibiliteten hos småhus är tillräcklig för att underlätta flaskhalsar i elsystemet i Stockholm 2021–2030".<sup>67</sup>

I slutrapporten för den svenska demonstrationen i CoordiNet sammanfattar projektet tio nyckelförmågor för DSO:er att frigöra flexibilitet. Förmågorna relaterar till både nätägaren, marknadsplatsen och flexibilitetsleverantören, FSP. Alla tio förmågor är grundläggande för en lyckad flexibilitetsmarknad och tyngdpunkten för just frigörande av flexibilitet och lärdomar om ökade incitament för ökat deltagande ligger i att utveckla produkter och engagera kunder. Lärdomar kopplat till detta sammanfattas i tabell 6 i rapporten. Från DSO/TSO-perspektiv handlar det bland annat om att marknaden behöver vara kompatibel med

<sup>67</sup> Färegård, Simon ; Miletic, Marko. A Swedish Perspective on Aggregators and Local Flexibility Markets. 2021.



regleringen för att kunna använda flexibilitetstjänster, samt att de behöver kunna veta att flexibilitet finns tillgänglig på marknaden när den behövs som mest. För flexibilitetsleverantörerna handlar det om att kunna räkna på att deras investeringar kopplat bland annat till planering, process och teknisk infrastruktur kan betala av sig. Man uppger vidare att de finansiella incitamenten för en FSP att delta på flexibilitetsmarknaden var svaga på grund av den stora variationen i DSO:ernas behov, vilket i sin tur beror av väder och elnätets föränderliga kapacitetsituation. Samtidigt inkom färre bud än förväntat, vilket resulterade i låg konkurrens och likviditet på marknaden. För att säkra deltagande användes så kallad "cascade funding" från EU-kommissionen, samt finansieringslösningar för att flexibilitetsleverantörerna skulle kunna tillgängliggöra kapacitet för att säkra deltagande från vissa resurser.<sup>68</sup>

För att underlätta för flexibilitetsleverantörer att delta behöver prekvalificeringen för att delta på marknaden vara enkel och kommunikationen med flexibilitetsleverantörerna samt hanteringen av fullmakter behöver standardiseras.

Ett förslag för att öka deltagandet på marknaderna är enligt Ei om flexibilitetsresurser kunde få ta del av en fast ersättning för tillgänglighet, oavsett om avrop sker eller ej.<sup>69</sup> Detta koncept testades av sthlmflex under säsongen 2022/2023 under namnet tillgänglighetsersättning, och mottogs positivt av aktörerna, då man haft problem med osäkerheter rörande prognoser av intäkter från flexibilitetsmarknader.<sup>70</sup>

Ett annat sätt att öka incitamenten för flexibilitetsleverantörer är att utforma produkter på den lokala flexibilitetsmarknaden som liknar Svk:s stödtjänstprodukter, samt att erbjuda tjänst om att överföra bud till stödtjänstmarknaden. Det innebär att när en flexibilitetsleverantör lägger ett bud på den lokala flexibilitetsmarknaden och budet inte upphandlas där, kan budet förmedlas vidare av den lokala flexibilitetsmarknaden till stödtjänstmarknaden. På så sätt skapas ytterligare en möjlighet att få sitt bud antaget. I en djupare dialog med flexibilitetsleverantörerna framgick det att ägare av bland annat elbilsladdning och batterier så väl som aggregatorer för detsamma, föredrog att bland de olika stödtjänstprodukterna leverera produkten FCR-D. Detta med anledning av att lägsta storleken för bud är rimligt för denna typ av resurs (0,1 MW), tiden för regleringen är relativt kort (20 min), kapacitet kan säljas över hela året, samt att aktivering av stödtjänsten sällan sker.<sup>71</sup>

En utmaning för både CoordiNet och sthlmflex är att färre bud än förväntat har lagts under säsongerna. Samtidigt har antalet förkvalificerade flexibilitetsresurser ökat för varje säsong, vilket tyder på ett intresse att delta. Bland de viktigaste frågorna att adressera enligt flexibilitetsleverantörerna från säsong 2 (2021/2022) i sthlmflex var just att öka antalet avrop för ett ökat antal lärotillfällen, samt för att få incitament att börja eller fortsatt delta på den lokala flexibilitetsmarknaden. En annan viktig fråga för leverantörerna var att fortsätta utveckla affärs- och

<sup>68</sup> CoordiNet. Ten key abilities for DSO's to unlock flexibility. 2022.

<sup>69</sup> Energimarknadsinspektionen. Tjänster för efterfrågefleksibilitet. 2022.

<sup>70</sup> Svenska kraftnät. Stadigt ökat intresse för sthlmflex – nu planeras en permanent marknadsplats för eleffekt. 2023.

<sup>71</sup> CoordiNet. Ten key abilities for DSO's to unlock flexibility. 2022.

ersättningsmodeller i samråd. I samma rapport identifierades aggregatorerna som en nyckelaktör för att tillgängliggöra distribuerad flexibilitet, där elbilsladdning ingår. Viktiga frågor för att aggregatorrollen ska utvecklas och bidra med mer flexibilitet rör fullmaktshantering, rättigheter att styra och dela information om resurserna, regler kring balansansvar och aggregatorrollen behöver definieras, samt att en standard för gruppering av flexibilitetstjänster behövs tas fram i samverkan med elnätsbolag för att nyttja aggregatorernas resurser effektivt.<sup>72</sup>

Effekthandel Väst och sthlmflex öppnar fortsatt för nya säsonger. Efter att EU-projektet CoordiNet avslutats fortsätter bland annat den lokala flexibilitetsmarknaden i Uppsala, vilken nu har funnits över fyra vintersäsonger. Den 1 april 2023 startade även forskningsprojektet UppFlex vars syfte är att vidareutveckla olika affärsmodeller för flexibilitet genom att samla erfarenheten hos deltagarna på den lokala flexibilitetsmarknaden i Uppsala. Projektet kommer också att titta på drivkrafter och hinder för deltagande aktörer att bidra med flexibilitet.

Trots de olika erfarenheterna och svårigheterna med att få tillräckligt med likviditet värderades lokala flexibilitetsmarknader sammantaget relativt högt som åtgärd för att möjliggöra installation av mer laddinfrastruktur, enligt workshopdeltagare från nätbolag. Det vore därför rimligt för det fortsatta arbetet i pilotprojekten att fortsätta utveckla marknaderna efter rekommendationer och erfarenheter från tidigare säsonger. För att gynna och öka takten för utrullning av elfordonsladdning skulle till exempel prioritet läggas på att fortsätta arbetet med att öka likviditeten på marknaderna och förbättra affärsmodellerna för flexibilitetsleverantörerna, förbättra förutsättningarna för aggregatorer att nå sin fulla potential för att frigöra distribuerad efterfrågefleksibilitet och i samråd med laddoperatörer och aggregatorer utreda vilka utformningar av produkterna som passar bäst för vilka laddbeteenden i vilka kontexter.

---

<sup>72</sup> sthlmflex. Sthlmflex säsong 2. 2022.

### 3.3 FÖRÄNDRADE POLICY OCH REGELVERK

Åtgärdsförslag som rör policy och regelverk berör ett flertal områden. Gemensamt för dem alla är att de på olika sätt ska möjliggöra eller förenkla alternativa åtgärder till nätförstärkningar.

Intäktsregleringens utformning är centralt för nätbolagens arbete. För att möjliggöra eller uppmuntra investeringar i alternativ till nätförstärkningar bör förändring ske som går mot en så kallad TOTEX-modell.

Villkorade avtal är ett användbart verktyg för nätbolag, men elnätsbolagen vet inte hur de bör påvisa att kriterierna för undantag i artikel 13 punkt 3 i elmarknadsförordningen är uppfyllda, eller i vilka situationer som villkorade avtal är att föredra.

Mer avancerade nättariffer är centrala för effektiv smart laststyrning som även tar hänsyn till nätkapacitet. Målet är att ge en tydligare signal om, och i förlängningen sätta korrekt pris på, kapacitetsproblematik.

Aggregatorrollen är nödvändig för att möjliggöra deltagande för e-mobilitet på stödtjänst- och flexibilitetsmarknader, men fortfarande under utveckling.

En viktig aspekt för att underlätta implementering av olika typer av åtgärder i elsystemet är att skapa rätt förutsättningar och en långsiktig energipolitisk miljö. Detta kan bland annat göras genom lagstiftning, policy och regleringar. Det anses vara viktigt att regelverk och policy uppdateras för att spegla de nya förutsättningarna och behoven i elnätet. Resultat från WS2 och intervjuer visar att det över lag råder en stor osäkerhet kopplat till regelverk, både på grund av komplexitet och pågående förändringar. Därför fokuserar detta kapitel på åtgärder kopplat till regelverk och policy.

Energiinfrastruktur har länge stått högt på EU-dagordningen. EU-kommissionen menar att ett sammanlänkat europeiskt energinät avgörande för att trygga EU:s energiförsörjning och konkurrenskraft. Arbete pågår för att driva på utvecklingen, vilket delvis görs genom att definiera marknadsregler och roller. En europeisk tillsynsmyndighet skapades – ACER (Agency for the Cooperation of Energy regulators). EU-kommissionen har gett ACER i uppdrag att ta fram ramverk för gränsöverskridande handel med el och gas, så kallade ramriktlinjer.<sup>73</sup> I allt högre grad påverkas den svenska utvecklingen av krav och riktlinjer från EU-nivå.<sup>74</sup>

#### 3.3.1 Förändrade incitament för nätbolagen möjliggör alternativ till nätutbyggnad

Stora delar av elnätet i Sverige byggdes ut under 1950-, 60- och 70-talet, då fokus var nyinvesteringar. I början av avregleringen i slutet på -90 talet var det främst inte ett behov av utbyggnad av elnät utan verksamheten var mer av förvaltande

<sup>73</sup> Nordling, Anna. Sveriges framtida elnät. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA). 2016.

karaktär. Idag står återigen nätbolagen för ett kraftigt ökat behov av utbyggnad samtidigt som nya tekniker och affärsmodeller utvecklas. Detta kräver investeringar och resurser till olika typer av utveckling.

Elnätsföretagens intäktsramar är en central mekanism som i stor utsträckning styr nätbolagens ekonomiska incitament. Intäktsramarna syftar till att reglera och balansera nätbolagens intressen, för att säkerställa en effektiv, hållbar och skäligt prissatt utveckling av elnäten. Systemet fastställer på förhand nätbolagens tillåtna intäkter under varje tillsynsperiod på fyra år, och ska täcka kostnader för att bedriva elnätsverksamhet på ett "ändamålsenligt och effektivt sätt".

Vid beslut om intäktsramens storlek och utformning ska Ei enligt ellagen beakta nätföretagens leverans kvalitet samt i vilken utsträckning nätföretagen bidrar till effektivt nätutnyttjande.<sup>75</sup> Nätföretagens leverans kvalitet bedöms genom leveranssäkerheten i elnätet, det vill säga antal avbrott och avbrottens längd. Bakgrunden till att intäktsramen är kvalitetsjusterad är att nätbolagen har monopol – det är därmed viktigt att säkerställa att nätföretagen inte kan öka sina vinster på bekostnad av kvalitet och leveranssäkerhet. När det kommer till effektivt nätutnyttjande är syftet att påverka nätbolagen att skapa incitament att utnyttja nätet mer effektivt, exempelvis genom prissättning. Detta är kopplat till EU:s energieffektiviseringsdirektiv, som implementerades i svensk lagstiftning år 2014.

Ett problem som lyfts i intervjuerna och WS2 är att investeringar i att implementera och/eller skala upp ny teknik i den dagliga verksamheten inte är lönsamma enligt dagens utformning av intäktsregleringen. Intäktsregleringen ger möjlighet till ersättning för pilotprojekt, men för att sedan kunna skala upp projekten krävs ofta såväl ny kompetens som nya system. I dagsläget kan nätbolagen inte få ersättning för detta. Nätbolagen vill känna sig trygga i att de får täckning för sina investeringar genom regelverk. Detta måste alltså återspeglas i intäktsregleringen.

Dagens utformning av intäktsregleringen ger små eller inga incitament för elnätsbolagen att upphandla flexibilitetstjänster i stället för att göra traditionella nätinvesteringar.<sup>76</sup> Nuvarande modell ger nätbolagen avkastning och avskrivning för genomförda nätinvesteringar (CAPEX-modell), men endast kostnadstäckning för löpande kostnader. Därför är det mer lönsamt för nätbolag att investera i anläggningar eller infrastruktur som genererar kapitalkostnader snarare än att vidta åtgärder som medför löpande kostnader, även om de kan uppnå samma effekt. Enligt nätbolag som gett input till Power Circles studie behöver de få samma ersättning för olika typer av alternativa lösningar som för nätinvesteringar för att få incitament. Det är därför viktigt att skapa incitament för nätbolagen att utforska alternativa åtgärder, som i många fall kan vara snabbare och billigare att implementera, samt att låta nätbolagen även ta hänsyn till den typen av investeringar inom ramen för intäktsregleringen.

Ei har drivit igenom en lagändring som syftar till att göra det möjligt att införa ett incitament i reglermodellen som styr mot andra lösningar än traditionella

<sup>75</sup>Sweco. ELNÄTSUTMANINGEN. 2019.

<sup>76</sup>Power Circle. LOKAL ENERGI LAGRING ELLER TRADITIONELLA NÄTFÖRSTÄRKNINGAR?. 2023.

nätinvesteringar när sådana lösningar är mer kostnadseffektiva på sikt. Incitamentet ska enligt Ei:s förslag vara teknik- och lösningsneutralt och styra mot den lösning som är mest kostnadseffektiv på sikt oavsett om lösningen är en traditionell nätinvestering eller en alternativ lösning såsom en smart elnätstjänst. Förhoppningen är att ska balansera dagens tydliga styrning mot investeringar till att även styra mot alternativa lösningar när dessa är mer kostnadseffektiva på lång sikt. Avsikten är att förslaget ska införas till nästkommande reglerperiod (2024–2027).

Förändringen i intäktsregleringen, att gå mot en så kallad TOTEX-modell, som både tar hänsyn till CAPEX (kapitalkostnader) och OPEX (operativa kostnader), blir viktig för att få en större utväxling av alternativ till nätutbyggnad och har poängterats av flera aktörer i projektet. Vi vill därför lyfta upp vikten av en förändring av intäktsregleringen som också tar hänsyn till löpande kostnader och möjliggör investeringar i till exempel datahantering, smarta system som alternativ till traditionella nätförstärkningar. Dessutom finns förslag från marknadsaktörer om att de effektiviseringskrav som gäller för nätbolagens ska appliceras på totala kostnader, i stället för endast på de löpande påverkbara kostnaderna som i dagsläget.<sup>77</sup>

### 3.3.2 Utred hur villkorade avtal kan användas

Under WS2 värderades användandet av villkorade avtal som en åtgärd med hög potential och låg komplexitet att införa. Enligt Ei:s rapport "Villkorade avtal", vars syfte är att erbjuda vägledning kring regelverken för detta, framkommer det att nätbolag använder villkorade avtal som ett verktyg att kunna ansluta nya kunder snabbare eller utöka befintliga abonnemang, ofta i väntan på utbyggnad av nätet. Under intervjuerna som hölls i detta projekt lyftes det som ett exempel att nätbolaget Ellevio använt sig av villkorade avtal vid anslutning av laddinfrastruktur i Stockholm. Bland de aktörer som deltagit i AP4 råder stor enighet om att villkorade avtal är ett viktigt och användbart verktyg för nätbolag. Villkorade avtal anses vara enkla att implementera, har låg kostnad och kan bidra till att ansluta nya kunder som annars inte hade kunnat anslutas på grund av kapacitetsbrist. Det är ett effektivt verktyg för att på kort varsel kunna ansluta kunder som kräver hög effekt, som exempelvis snabbaddningsstationer, och kan även fungera som temporär lösning i väntan på nätförstärkningar.

Med villkorade avtal menas ett bilateralt avtal som ingås mellan nätbolag och kund, som på något sätt reglerar de specifika förutsättningarna för en anslutning. Vanligtvis handlar det om att nätbolaget förbehåller sig rätten att styra ned effekten för kunden under höglasttimmar. Som tidigare nämnt utnyttjas den maximala överföringskapaciteten i de flesta nät endast under en bråkdel av tiden. Detta innebär att det ofta går att ansluta fler kunder till nätet, så länge efterfrågan på överföringskapacitet kan begränsas under topplasttimmarna.<sup>78</sup> Genom att ingå ett villkorat avtal kan kunden acceptera att överföringskapaciteten i en anslutning begränsas under vissa kritiska timmar. Detta möjliggör fler anslutna kunder och mer effektivt nyttjande av befintlig överföringskapacitet, som större delen av tiden

<sup>77</sup> Energimarknadsinspektionen. Tjänster för efterfrågeflexibilitet. 2022.

<sup>78</sup> Energimarknadsinspektionen. Villkorade avtal ska metodgodkännas. 2023

är mer än tillräcklig. På så vis bidrar villkorade avtal till att befintlig elnätinfrastruktur används mer effektivt.

Ei bedömer att villkorade avtal är en icke-marknadsbaserad mekanism samt att det är en typ av omdirigering, det vill säga en åtgärd som görs för att hantera risk för överbelastning. Omdirigeringar regleras i artikel 13 i elmarknadsförordningen, som anger att i första hand marknadsbaserade metoder ska användas för omdirigering.<sup>79</sup>

Artikel 13 i elmarknadsförordningen redogör för fyra undantag som gör att en icke marknadsbaserad metod tillåts användas:

1. om det inte finns några marknadsbaserade alternativ tillgängliga,
2. om det finns kvarvarande behov av omdirigering efter att alla marknadsbaserade metoder använts,
3. om antalet tillgängliga resurser i området bedöms vara för lågt för att säkerställa effektiv konkurrens, och
4. om den aktuella nätsituationen leder till överbelastning på ett så regelbundet och förutsägbart sätt att tillämpning av marknadsbaserade metoder skulle innebära regelbunden strategisk budgivning – något som riskerar att snedvrider marknaden.

Det åligger nätföretagen att visa att kriterierna för undantag är uppfyllda, exempelvis genom att visa på att de försökt hitta marknadsbaserade metoder, men det inte varit möjligt.<sup>80</sup>

Det finns ingen tidsbegränsning för hur länge ett villkorat avtal kan användas reglerad i lagstiftning. Om förutsättningarna i nätet inte utvecklas så att kriterierna för att använda en icke-marknadsbaserad metod fortfarande tillåts, det vill säga att en marknadsbaserad omdirigering inte är möjlig, kan villkorade avtal fortsätta att användas. Den avgörande faktorn är tillståndet i nätet. Ei:s bedömning är att villkorade avtal kan användas tills vidare om marknadssituationen gör det lämpligt, men att det inte kan användas som en permanent lösning för hantering av överbelastning. Eftersom förutsättningarna i elnäten förändras behöver elnätsbolagen ompröva sin bedömning att använda icke-marknadsbaserad omdirigering, om en sådan gjorts, efter som den utgår från situationen i nätet som den såg ut just då.

Metoden som används för att ta fram villkoren i ett villkorat avtal ska godkännas av Ei och detta görs genom att elnätsbolaget ansöker om metodgodkännande. Det betyder att metoden som används för att utforma avtalsvillkoren först ska prövas av Ei innan elnätsbolaget ingår i ett sådant avtal.<sup>81</sup>

Utöver detta är elnätsföretagen skyldiga att, minst en gång per år, rapportera och redogöra för effektiviteten hos de marknadsbaserade mekanismerna för att hantera överbelastning<sup>82</sup>, detta finns beskrivet i artikel 13 med reglerna för omdirigering. Rapporteringen sker till Ei som är behörig tillsynsmyndighet som i sin tur

<sup>79</sup> Ibid

<sup>80</sup> Energimarknadsinspektionen. Villkorade avtal ska metodgodkännas. 2023.

<sup>81</sup> Ibid

<sup>82</sup> Energimarknadsinspektionen. Villkorade avtal. 2023.

rapporterar vidare till ACER. I korthet ska en sådan rapportering redogöra för utvecklingsnivå och effektivitet hos marknadsbaserade mekanismer, skäl och volym till omdirigering, samt åtgärder som satts in för att minska behovet av omdirigering.<sup>83</sup> Om förutsättningarna i nätet förändras kan det innebära att elnätsföretagen behöver se över hur omdirigering hanteras om förändringarna påverkar förutsättningarna för marknadsmässiga mekanismer.<sup>84</sup>

Villkorade avtal kan användas som ett verktyg för ett effektivt nyttjande av nätet genom att till exempel tillåta nya kunder att ansluta till ett redan ansträngt nät genom att begränsa deras användning under de timmar då elnätet är som mest belastat. Nästan alla elnätsbolag som Ei intervjuat som underlag till rapporten "Villkorade avtal" svarar att de använt villkorade avtal som en metod för att ansluta kunder snabbare.<sup>85</sup> Det kan finnas plats- och kundspecifika situationer där villkorade avtal kan vara lämpliga av ekonomiska skäl. Ett exempel som lyfts i Ei:s rapport är utbyggnad av laddinfrastruktur på glesbygden där andra flexibla resurser saknas, kan villkorade avtal vara samhällsekonomiskt fördelaktiga. Villkorade avtal kan ses som komplement till flexibilitetsmarknader där överbelastning i första hand hanteras via marknadslösningar, men om situationer uppstår där detta inte är tillräckligt eller att överbelastningen sker snabbt menar man att villkorade avtal kan verka "som en nödbroms". Villkorade avtal uppges också kunna vara "en inkörsport till flexibilitet" och tillämpas då marknaden inte är mogen för det eller där det på sikt inte ser ut att finnas flexibla resurser.

Vidare enligt Ei:s rapport om villkorade avtal vill nätbolagens kunder att villkorade avtal framför allt används som en temporär lösning. Kunderna uppskattar möjligheten att snabbt kunna anslutas till nätet, men de flesta önskar sedan en övergång till en prima anslutning. Användandet av villkorade avtal varierar mellan olika typer av elkonsumenter. Företag inom laddinfrastruktur har oftare använt villkorade avtal och har tekniskt sett inte lika stora hinder att använda villkorade avtal. Däremot är acceptansen från fordonsägarna som vill ladda viktig för dessa företag, vilket gör det svårare att använda villkorade avtal vid snabbbladdning än i andra sammanhang, som till exempel för att ladda hemma. Det finns en oro hos dessa företag att elbils kunder kan påverkas negativt av nedreglerad snabbbladdning, framför allt vid stark kyla. Generellt finns även en oro hos kunder till nätbolagen att bli inlåsta i villkorade avtal i stället för att elnätet byggs ut, om deras verksamhet skulle gynnas av stabil leverans av el på lång sikt. Ei:s rapport om villkorade avtal nämner även att kunderna önskar transparens i avtalens utformning dels ur en rättviseaspekt för att inte missgynnas, dels för att kunna räkna på konsekvenserna av att bli nedreglerade.<sup>86</sup>

Ytterligare en svårighet med tillämpningen av villkorade avtal är att det finns en otydlighet kring regleringen, bland annat hur bedömningarna ska göras för att visa att undantagen från artikel 13 är giltiga, eller hur de ska tolkas. Detta gör att det finns en oro hos elnätsbolag att villkorade avtal kommer att bedömas som ogiltiga

<sup>83</sup> Energimarknadsinspektionen. Elnätsföretag som använder sig av omdirigering ska rapportera till Ei. 2023.

<sup>84</sup> Energimarknadsinspektionen. Villkorade avtal. 2023.

<sup>85</sup> Ibid

<sup>86</sup> Ibid

och att en konsekvens av detta kan leda till problem med säkerhet i nätet om villkorade avtal tvingas göras till prima anslutningar.

På grund av hur befintliga EU-direktiv är utformade är det också otydligt i elmarknadsförordningen vilken roll villkorade avtal kan ha framgent för att hantera kapacitetsbrist. Ei konstaterar i sin rapport att nya ramriktlinjer på EU-nivå är på väg som kan komma att förtydliga hur villkorade avtal förhåller sig till resterande verktyg nätföretagen har i sin verktygslåda.<sup>87</sup> Samtidigt är en ny nätkod för efterfrågefleksibilitet ute på konsultation hos EU-medlemsländerna. I detta förslag framgår det i artikel 51 att den nationella regulatören ska definiera ramverk kring villkorade avtal på nationell nivå. Ramverket ska inkludera tillämplighet, omfattning, begränsningar och villkor för eventuell ersättning.<sup>88</sup>

En annan utmaning med villkorade avtal är hur elnätsbolagen kan signalera att nedreglering/omdirigering krävs, samt huruvida detta faktiskt efterföljs. För detta krävs en effektiv och pålitlig kanal för informationsutbyte mellan nätbolaget och kunden när det villkorade avtal ska träda i kraft. Om två parter tecknar villkorat avtal krävs en kommunikationslösning, så att nätbolaget kan kommunicera till kunden att styra ner. Energiföretagen har nyligen tagit fram en branschrekommendation gällande detta, inkluderat krävda dataprotokoll.<sup>89</sup> För laddoperatörer krävs en standardiserad lösning för att minska komplexiteten för de som har tecknat villkorade avtal med olika nätbolag.

Det är viktigt att ha i åtanke att komplexiteten i villkorade avtal ökar desto fler sådana som finns inom ett nätområde. Att hantera hundratals villkorade avtal inom ett nätområde är något helt annat än att ta fram enstaka villkorade avtal för industrikunder eller laddoperatörer.

Det är problematiskt att både EU-lagstiftning och elmarknadsförordningen upplevs som otydlig när det kommer till när och hur villkorade avtal får användas. Några av de nätbolag som deltagit i projektet menar att det i praktiken går att tillämpa villkorade avtal utan att göra någon ordentlig utredning kring förutsättningarna för en marknadsbaserad mekanism såsom en lokal flexibilitetsmarknad. Därför måste EU-regelverk och elmarknadsförordningen bli tydligare kring under vilka förutsättningar villkorade avtal får tillämpas. Ei och branschen efterfrågar förtydligande kring villkorade avtals roll i förhållande till marknadsbaserade mekanismer. Pågående arbete på EU-nivå syftar till att ta fram den nya nätkoden för efterfrågefleksibilitet, kallad *Network Code on Demand Response* (NC DR), baserat på de ramriktlinjer som ACER antagit i december 2022.

Utöver de åtgärder som redan är på gång föreslår projektet att undersöka om ytterligare branschpraxis kan tas fram bland annat för hur elnätsbolagen ska påvisa att kriterierna för undantag i artikel 13 punkt 3 i elmarknadsförordningen är uppfyllda. Vidare föreslås en dialog mellan elnätsbolag och laddoperatörer för att skapa samsyn kring när, det vill säga i vilka situationer eller under vilka förutsättningar, som villkorade avtal är att föredra. Ytterligare åtgärd för att skapa transparens för kunderna gällande villkorade avtal är att elnätsbolagen tydliggör

<sup>87</sup> Ibid

<sup>88</sup> EUDSO Entity and ENTSO-E DRAFT Proposal for a Network Code on Demand Response

<sup>89</sup> Energiföretagen. Industry recommendation Conditional Grid Connections. 2023



för kunden vilken nedreglering som det faktiskt kan innebära i varaktighet, tillfällen och effekt. Vidare föreslås att åtgärder tas för att skapa transparens i hur olika avtal formas till olika kunder. Detta skulle kunna göras i form av att upprätta typ-avtal för villkorade avtal mot olika kundgrupper eller att inkludera detta i metoden för att ta fram villkoren i de villkorade avtalen (vilka som tidigare nämnts ska metodgodkännas av Ei). Detta skulle också gynna krav på likabehandling. För att komma fram till typ-avtal eller metodik föreslås en branschöverskridande dialog mellan elnätsverksamheter och laddoperatörer. Att arbeta mer transparent och med branschpraxis är ett sätt att dela kunskap och metodik och på så sätt minska risken och oron hos elnätsbolagen om att få de villkorade avtalen ogiltigförklarade om de införs på en bredare front, vilket kan vara ett sätt att öka uttrullningen av laddinfrastruktur trots underskott av kapacitet i det egna eller överliggande nät.

### 3.3.3 Mer avancerade nättariffer tydlig signal mot kund

Senast till 2027 måste nätbolagen ha implementerat effekttariffer i nätavgiften, enligt en föreskrift från Ei som kom 2022.<sup>90</sup> Effekttariffen ska vara tidsdifferentierad och baserad på enskilda kunders användning och den totala belastningen på elnätet. Cirka 20 av 150 elnätsföretag har redan infört dessa tariffer, men det finns en stor variation i hur de utformas. Energimyndigheten skriver i en rapport från april 2023 att det vanligaste sättet att bestämma effekttariffen genom att basera den på den högsta uppmätta effektbehovet under respektive månad.<sup>91</sup>

Nättariffer som på ett rättvisande sätt reflekterar den verkliga kostnaden för en kunds nätanvändning gör att nätpris kan användas som styrsignal för kunder som kan tänka sig variera sin konsumtion i utbyte mot ekonomisk ersättning. Prissättning är som bekant ett mycket effektivt sätt att styra konsumenters beteende. Mer avancerade nättariffer möjliggör också att algoritmer för smart laddning, vilka i dagsläget ofta är baserade på elpris, även kan ta hänsyn till nätkapacitet. Därför finns fördelar om nättariffen mer dynamiskt kan spegla situationen i elnätet. Dynamiska nättariffer blir också ett sätt att undvika att nya problem uppstår under timmar med lågt elpris, till följd av att många justerar sin konsumtion efter samma parameter. En mycket högt nätpris kan få samma effekt på kundens elanvändning som en effektvakt. Detta kan jämföras med resultaten från AP3 om effektvaktens funktion för att undvika nätproblem med spänningsfall och överbelastade transformatorer, vilka diskuteras under avsnitt 2.2.3.

Resultat från WS2 i detta projekt visar tveksamhet inför effekttariffer från nätbolag som verkar i områden med stort överskott av elproduktion från vindkraft under vissa timmar. Det är alltså viktigt att nättarifferna utformas med stor omsorg för att inte få oönskade effekter för nät med specifika behov. Ett exempel på hur det vanligaste sättet att dimensionera effekttariffen, alltså genom att betrakta det högsta effektbehovet per månad, kan hindra aktörer att agera på önskvärt sätt framhålls av nätbolag som rör över nät med mycket installerad vindkraft. De menar att det under vissa timmar med stor produktion från vindkraft är önskvärt

<sup>90</sup> Energimarknadsinspektionens författningssamling, EIFS 2022:1

<sup>91</sup> Energimyndigheten. Smart styrning av elanvändning. 2023.

att ha en hög elkonsumention. Om kunden samtidigt behöver ta hänsyn till en dyr effekttariff kan prissignalerna slå ut varandra. Samtidigt saknar nätbolagen ekonomiska incitament att driva utvecklingen med förbättrade effekttariffer. Därför föreslås att pilotprojekt eller så kallade regulatoriska sandlådor undersöker effekttariffer, för att ta reda på hur väl uppfyller sitt syfte i olika situationer och vilka eventuella komplikationer för olika typer av aktörer som kan komma att uppstå. Det finns även anledning att se över intäktsregleringen med anledning av detta.

Vi kan jämföra nätdriften med ett trafikljus – där grönt läge innebär att det inte finns någon utmaning med belastningen i elnätet, gult läge skulle då kunna innebära ett mer ansträngt läge och där kunder uppmanas att undvika vissa tider och ett eventuellt rött läge är mer av en akut kris, då till och med direkt bortkoppling kan bli aktuellt. Detta förfarande kan också jämföras med trängselavgifter som finns på vissa vägar kring våra större städer med syfte att minska belastningen av vägar under vissa tider. En viktig förändring som måste till för att samhället ska kunna hantera mer avancerade och dynamiska nättariffer är ett enkelt och tydligt system för att publicera och göra prissignalerna lättillgängliga för kunderna.

Vid övergången från timupplösning till kvartsupplösning på elmarknaden är det lämpligt om nätpriset blir mer högupplöst. Detta eftersom elpriset påverkar efterfrågan, vilken i sin tur påverkar kapacitetssituationen. Tidsupplösningen bör alltså överensstämma mellan elpris och nätpris, och kan därmed bli en viktig styrsignal för flexibilitet och smart laddning.

### 3.3.4 Införandet av oberoende aggregatorroll kräver noggrant övervägd metod för kompensering av obalanser

Införandet av en ny aggregatorroll är både nödvändig för att harmonisera med EU-direktiv, samt för att i större skala möjliggöra för mindre resurser att delta på de olika elmarknaderna. Enligt Ei är en aggregator en aktör på elmarknaden som samlar ihop (aggregerar) flera flexibilitetsresurser och paketerar dem som större enheter som i sin tur kan säljas på elmarknaden.<sup>92</sup> Ett exempel på hur detta kan implementeras inom e-mobilitet är genom styrning av laddboxar. En oberoende aggregator kan samla många laddboxar och förändra laddeffekten, öka eller minska den, för att leverera efterfrågefleksibilitet till marknaden. I en framtid där V2G är implementerat i större utsträckning kan det även bli aktuellt för aggregatorer att styra ett dubbelriktat energiflöde. Denna möjlighet för elfordonsägare att delta på elmarknaden på ett mer aktivt sätt, genom att erbjuda sitt fordonsbatteri till andra syften än transport, kan innebära en ekonomisk fördel och incitament för enskilda fordonsägare.

Den oberoende aggregatorn definieras i EU-direktiv 2019/944, även kallat elmarknadsdirektivet, som säger att en aggregator ska kunna verka på alla marknader, oberoende av andra marknadsaktörer såsom kundernas elleverantör. Det läggs stor vikt vid detta eftersom man bedömer att aggregatorn kommer få en betydande roll som möjliggörare för samtliga kundgrupper att kunna sälja sin

<sup>92</sup> Energimarknadsinspektionen. Oberoende aggregatorer. 2021.

flexibilitet. Elmarknadsdirektivet definierar en oberoende aggregator som "en marknadsaktör som deltar i aggregering och som inte är ansluten till kundens leverantör".<sup>93</sup>

Att aggregatorn förändrar uttaget i en anslutningspunkt för att leverera någon typ av tjänst innebär en risk att nya obalanser introduceras i enskilda uttagspunkter, eftersom elhandlaren har upphandlat el enligt sin prognos och inte kan ta hänsyn till aggregatorns agerande. I direktivet förtydligas dock att marknadsaktörer eller marknadsaktörers balansansvariga parter som direkt påverkas av aktiveringen av efterfrågeflexibilitet kan utkräva ekonomisk ersättning från de marknadsaktörer som gett upphov till aktiveringen, alltså aggregatorer eller deltagande slutkunder. Ersättningen ska endast motsvara de kostnader som aktiveringen gett upphov till och beräkningsmetoden för ersättningen ska ses över av lämplig myndighet. På så sätt ska aggregatorn göras ansvarig för sina obalanser men ska samtidigt vara oberoende, det vill säga behöver inte gå via en BRP. Att aggregatorn slipper gå via, och därmed dela vinster med, en BRP kan göra aggregatortrollen mer ekonomiskt attraktiv. Därför kan införandet av en oberoende aggregatortroll bidra till fler aggregatorer på balansmarknaden, vilket i sin tur kan frigöra större efterfrågeflexibilitet från elfordonsladdning.

Mer exakt hur en oberoende aggregatortroll ska införas och vilken metod som tillämpas för styrning definieras inte i direktivet utan är upp till individuella medlemsländer att bestämma. Oavsett så kommer aggregatorn att bli ekonomiskt ansvarig för de obalanser som kan uppstå för andra marknadsaktörer i och med aggregatorns agerande. I Sverige har uppdraget att ta fram en modell för denna kostnadsersättning tilldelats Svenska kraftnät, som ska presentera sina resultat i september 2024.

Ett hinder för storskalig implementering av oberoende aggregering är korrekt bedömning av bidraget från varje enskild resurs. En del aktörer menar att det är komplext att fastställa vilken volym flexibilitet som levererats genom efterfrågeflexibilitet.<sup>94</sup> Man menar att detta beror på att metoden som används kräver en korrekt fastslagen referensprofil (eng. baseline), vilket kan vara svårt att ta fram. För att kunna fördela intäkterna och kostnaderna från levererade tjänster på ett korrekt sätt är det nödvändigt att fortsätta förbättra metoden för att definiera referensprofiler. Vidare kan man ifrågasätta integritetsaspekten i att ta fram referensprofiler för enskilda laddare eller hushåll.

Förslaget från detta projekt är därför att fortsätta följa utvecklingen, framför allt Svenska kraftnäts pågående arbete och studera ersättningsmodellen som publiceras 2024. Ett lämpligt nästa steg är att göra pilotprojekt för att se hur den oberoende aggregatortrollen kan fungera i praktiken.

När man talar om oberoende aggregering av resurser avses i första hand aggregerade resurser för att delta med flexibilitet på dagen före och intradag. Men för en aktör som också vill leverera stödtjänster kommer även kommande uppdelning av balansansvaret i två roller, leverantör av balanstjänster (BSP) och balansansvarig part (BRP), att spela in. Idag är det bara balansansvariga som får

<sup>93</sup> EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2019/ 944

<sup>94</sup> Ei: Tjänster för efterfrågeflexibilitet

förkvalificera resurser för att delta på Svenska kraftnäts stödtjänstmarknader. Därför måste idag en aggregator som vill leverera stödtjänster gå via det balansansvariga företaget i anslutningspunkten. Som betalning för tjänsten att bistå aggregatorn tar det balansansvariga företaget ofta en andel av intäkterna från stödtjänstmarknaderna som resursen deltar på. Detta minskar lönsamheten för aggregatorer och gör det till en mindre attraktiv roll. När uppdelningen av rollen i BSP/BRP träder i kraft i maj 2024 kommer en aggregator som vill leverera balanstjänster att kunna bli BSP, vilket möjliggör för dem att sluta avtal direkt med Svenska kraftnät. En BSP kommer därmed inte behöva delegera balansansvaret till en BRP, vilket kan kapa kostnader kopplade till det och underlätta inträde till marknaderna.

Det är fördelaktigt, till och med nödvändigt, att många fordon aggregeras för att tillhandahålla vissa tjänster, eftersom effekten av styrning av enstaka fordon eller laddare inte säkert innebär tillräckligt stora förändringar av effektuttag. Det är här aggregatorrollen kommer in. De flesta stödtjänstprodukter har en undre gräns på 0,1 MW för att lägga bud, vilket gör att det relevant att aggregera resurser för att komma upp i den effekt som krävs. Dessutom finns administrativa effektivitetsaspekter kopplade till att jobba med en aktör, aggregatorn, i stället för många individuella fordonsägare.

### 3.3.5 Konsensus kring branschstandarder en tidsfråga

Genom att etablera konsensus kring standarder, tekniska såväl som organisatoriska, förkortar tiden mellan idé och implementation av laddinfrastruktur. Detta har lyfts som ett åtgärdsförslag i AP2. Under WS2 var den samlade åsikten att konsensus kring tekniska standarder har relativt stor potential, utan att vara särskilt komplext att få till, se Bilaga B:. Resultaten från intervjuerna i detta AP visar dock att den eventuella avsaknaden av standarder inte upplevts som ett problem. Snarare menar man att det är branschen kommer att sätta sina egna standarder i takt med att utvecklingen konvergerar mot en lösning. Detsamma indikeras redan i AP2, där enkätresultaten pekar på en enighet om att det inte finns behov av ytterligare standarder för V2G. Relevanta standarder utvecklas mer på sida 42.

Det paradigmskifte som elektrifieringen av fordonsflottan innebär är naturligtvis förenat med risken att somliga aktörer satsar på något som sedan visar sig vara "fel". Standarder kan vara ett sätt att adressera detta, men bedömningen är att det inte är en relevant åtgärd eftersom branschens framsteg kommer fortare än vad regulatoriska organ hinner reagera. Därför utvecklas inget specifikt åtgärdsförslag kopplat till detta, utan standarder kan förväntas falla på plats i takt med att teknikens mognadsgrad ökar.

## 4 Referenslista

- ChargePoint. ChargePoint and Stem to accelerate deployment of EV charging and battery storage solutions for DC fast charging. 2023.  
<https://www.chargepoint.com/about/news/chargepoint-and-stem-accelerate-deployment-ev-charging-and-battery-storage-solutions-dc>
- Cision News. Skellefteå Kraft bygger laddstation med batterier i väntan på nätanslutning. 2023. <https://news.cision.com/se/skelleftea-kraft/r/skelleftea-kraft-bygger-laddstation-med-batterier-i-vantan-pa-natanslutning,c3724706>
- CoordiNet. Ten key abilities for DSO's to unlock flexibility. 2022.  
[https://private.coordinet-project.eu/files/documentos/632c6480a35dcCOORDINET\\_WP4\\_D4.7.2\\_FINAL%20REPORT%20OF%20THE%20SWEDISH%20COORDINET%20DEMONSTRATION\\_V.1.0\\_22.09.2022docx.pdf](https://private.coordinet-project.eu/files/documentos/632c6480a35dcCOORDINET_WP4_D4.7.2_FINAL%20REPORT%20OF%20THE%20SWEDISH%20COORDINET%20DEMONSTRATION_V.1.0_22.09.2022docx.pdf)
- DNV-GL. Samhällsekonomiska kostnader och nyttor av smarta elnät. 2021.  
<https://www.ei.se/download/18.1a478d39178a69490b746/1617712863057/DNV%20GL-Samh%C3%A4llsekonomiska-kostnader-och-nyttor-av-smarta-eln%C3%A4t.pdf>
- Dubarry, Matthieu et. al. Durability and reliability of electric vehicle batteries under electric utility grid operations: Bidirectional charging impact analysis. 2017.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775317306365>
- Energiforsk. MARKNADSPLATS FÖR HANDEL MED ENERGI I DET LOKALA ENERGISAMHÄLLET. 2022.  
<https://energiforsk.se/media/31120/marknadsplats-for-energi-i-det-lokala-energisamhallet-energiforskrapport-2022-854.pdf>
- Energiföretagen. Industry recommendation Conditional Grid Connections. 2023.  
<https://www.energiforetagen.se/4a9818/globalassets/dokument/elnat/industry-recommendation-conditional-grid-connections-ver-1.0.pdf>
- Energiföretagen. Tips för effektivare anslutningsprocesser av laddstationer till elnätet. 2023.  
<https://www.energiforetagen.se/fragor-vi-driver/listsida/e-mobilitet/tips-for-effektivare-anslutningsprocesser-av-laddstationer-till-elnetet/>
- Energimarknadsbyrån. Din elmätare kommer att bytas ut. 2021.  
<https://www.energimarknadsbyran.se/nyheter/nyhetsarkiv/2020/din-elmatare-kommer-att-bytas-ut/>
- Energimarknadsinspektionen. Elnätsföretag som använder sig av omdirigering ska rapportera till Ei. 2023. <https://ei.se/om-oss/nyheter/2023/2023-09-27-elratsforetag-som-anvander-sig-av-omdirigering-ska-rapportera-till-ei>

- Energimarknadsinspektionen. Funktionskrav elmätare. 2023.  
<https://ei.se/bransch/matning-av-el/funktionskrav-elmatare>
- Energimarknadsinspektionen. Granskning av tidsåtgång för anslutning till elnätet. 2021.  
<https://ei.se/download/18.508b968217d0e6c213a1550c/1638451004574/Granskning-av-tids%C3%A5tg%C3%A5ng-f%C3%B6r-anslutning-till-eln%C3%A4tet-Ei-PM2021-05.pdf>
- Energimarknadsinspektionen. Kortare ledtider för anslutning av nya laddningspunkter till elnätet. 2022.  
<https://ei.se/download/18.4e2a3bf1184b408adc431ce/1669883762925/Kortare-ledtider-f%C3%B6r-anslutning-av-nya-laddningspunkter-till-eln%C3%A4tet-Ei-R2022-08.pdf>
- Energimarknadsinspektionen. Kortare ledtider för elnätsutbyggnad. 2023.  
<https://ei.se/download/18.43e19b9d18779705cf7b0b2/1682595042339/Kortare-ledtider-f%C3%B6r-eln%C3%A4tsutbyggnad-Ei-R2023-09.pdf>
- Energimarknadsinspektionen. Leveranssäkerhet i Sveriges elnät 2021. Energimarknadsinspektionen. 2022.  
<https://ei.se/download/18.40e6d5df184b9175cb1b860/1670855069180/Leverans%C3%A4kerhet-i-Sveriges-eln%C3%A4t-2021-Ei-R2022-11.pdf>
- Energimarknadsinspektionen. Oberoende aggregatorer. 2021.  
<https://ei.se/bransch/flexibilitet-i-elsystemet/kundens-bidrag-till-efterfrageflexibilitet/oberoende-aggregatorer>
- Energimarknadsinspektionen. Tjänster för efterfrågeflexibilitet. 2022.  
<https://ei.se/download/18.4baa100518529b2af5e2359/1671717105011/Tj%C3%A4nster-f%C3%B6r-efterfr%C3%A5geflexibilitet-Ei%20R2022-15.pdf>
- Energimarknadsinspektionen. Verkställa kortare ledtider. 2023. <https://ei.se/om-oss/projekt/pagaende/kortare-ledtider-for-elnatsutbyggnad>
- Energimarknadsinspektionen. Villkorade avtal ska metodgodkännas. 2023.  
<https://ei.se/bransch/reglering-av-natverksamhet/reglering---elnatsverksamhet/villkorade-avtal-ska-metodgodkannas>
- Energimarknadsinspektionen. Villkorade avtal. 2023.  
<https://ei.se/download/18.3505eeff187793de11f49c6/1681906296806/Villkorade-avtal-Ei-R2023-08.pdf>
- Energimarknadsinspektionens författningssamling, EIFS 2022:1.  
<https://ei.se/download/18.b0dbdc118002bc176c133ae/1650953845317/EIFS-2022-1-om-utformning-av-n%C3%A4ttariffer-f%C3%B6r-ett-effektivt-utnyttjande-av-eln%C3%A4tet.pdf>
- Energimyndigheten. Handlingsprogram för laddinfrastruktur och tankinfrastruktur för vätgas. 2023.  
<https://www.energimyndigheten.se/4aa6ed/globalassets/nyheter/2023/ER202323>

- Energimyndigheten. Smart styrning av elanvändning. 2023.  
<https://www.energimyndigheten.se/496615/contentassets/6e9cf812401549158e5739fd259ce8e5/slutredovisning-av-deluppdrag-4.pdf>
- Eon. Kapacitetsbristen. 2023. <https://www.eon.se/om-e-on/kapacitetsbristen>
- Espín-Delgado, Ángela. Propagation of Supraharmonics in Low-Voltage Networks. 2022. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1701931/FULLTEXT01.pdf>
- EUDSO Entity and ENTSO-E DRAFT Proposal for a Network Code on Demand Response. [https://consultations.entsoe.eu/markets/public-consultation-networkcode-demand-response/supporting\\_documents/Network%20Code%20Demand%20Response%20v1%20draft%20proposal.pdf](https://consultations.entsoe.eu/markets/public-consultation-networkcode-demand-response/supporting_documents/Network%20Code%20Demand%20Response%20v1%20draft%20proposal.pdf)
- EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2019/ 944
- EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om utbyggnad av infrastruktur för alternativa bränslen. 2023.
- Färegård, Simon ; Miletic, Marko. A Swedish Perspective on Aggregators and Local Flexibility Markets. 2021.
- Förordning (2022:585) om elnätsverksamhet
- Hildermeier, Julia, et. al. Smart EV Charging: A Global Review of Promising Practices. 2019. <https://www.mdpi.com/2032-6653/10/4/80>
- Langenhuizen, Sander et.al. SCALE: Stakeholder analysis. 2022. <https://scale-horizon.eu/publications/>
- Lindholm, Kalle. Elnätet – distribution av el. Energiföretagen. 2023.  
<https://www.energiforetagen.se/energifakta/elsystemet/elnetet--distribution-av-el/>
- Meersmans, Jelle. SCALE: Analysis of hard- and software requirements. 2023.  
<https://scale-horizon.eu/publications/>
- Mer. Snabbladda på väg till fjällen under sportlovet med Mer, Audi, Skistar och Jämtkraft. 2023.  
<https://www.mynewsdesk.com/se/mer/news/snabbladda-paa-vaeg-till-fjaellen-under-sportlovet-med-mer-audi-skistar-och-jaemtcraft-461645>
- Mynewsdesk. Batterilager med snabbladdare i Junsele förstärker laddmöjligheterna i Höga Kusten. 2022.  
[https://www.mynewsdesk.com/se/biofuel\\_region/pressreleases/batterilager-med-snabbladdare-i-junsele-foerstaerker-laddmoejligheterna-i-hoega-kusten-3192685](https://www.mynewsdesk.com/se/biofuel_region/pressreleases/batterilager-med-snabbladdare-i-junsele-foerstaerker-laddmoejligheterna-i-hoega-kusten-3192685)
- Naturvårdsverket. Omvandling av ohållbara trafikleder och stadsdelar. 2023.  
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-transporterna/omvandling-av-ohallbara-trafikleder-och-stadsdelar/>

- Naturvårdsverket. Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk. Naturvårdsverket. 2023. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/>
- Noel, Lance. Navigating expert scepticism and consumer distrust: Rethinking the barriers to vehicle-to-grid (V2G) in the Nordic region. Transport Policy. Volume 76, April 2019, Pages 67-77
- Nordling, Anna. Sveriges framtida elnät. Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA). 2016. <https://www.iva.se/contentassets/8cd3b42561e34e11813dc96eee192132/ivavagvarel-sveriges-framtida-elnat.pdf>
- Power Circle. Efterfrågefleksibilitet från kommersiella transporter. 2023. [https://powercircle.org/smart\\_laddning\\_lastbilar.pdf](https://powercircle.org/smart_laddning_lastbilar.pdf)
- Power Circle. LOKAL ENERGILAGRING ELLER TRADITIONELLA NÄTFÖRSTÄRKNINGAR?. 2023. <https://powercircle.org/wp-content/uploads/2020/06/Slutrapport.pdf>
- Power Circle. Vad är V2G - Vehicle to Grid?. 2020. <https://www.powercircle.org/v2g.pdf>
- Serrano, Clara et.al. Impact Analysis of V2G Services on EV Battery Degradation - A Review. 2019. [https://www.researchgate.net/publication/335425266\\_Impact\\_Analysis\\_of\\_V2G\\_Services\\_on\\_EV\\_Battery\\_Degradation\\_-A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/335425266_Impact_Analysis_of_V2G_Services_on_EV_Battery_Degradation_-A_Review)
- Sovacool, Kester, Noel, & Zarazua de Rubens. Actors, business models, and innovation activity systems for vehicle-to-grid (V2G) technology: A comprehensive review. 2020
- Statistiska centralbyrån. Fördelning av elavtal efter typ. September 2023. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/energi/prisutvecklingen-inom-energiomradet/elpriser-och-elavtal/sthlmflex>
- sthlmflex. Sthlmflex säsong 2. 2022. [https://www.svk.se/siteassets/2.utveckling-av-kraftsystemet/forskning-och-utveckling/sthlmflex/220816-sthlmflex-rapport-vintern-2021\\_2022.pdf](https://www.svk.se/siteassets/2.utveckling-av-kraftsystemet/forskning-och-utveckling/sthlmflex/220816-sthlmflex-rapport-vintern-2021_2022.pdf)
- Svenska kraftnät. Stadigt ökat intresse för sthlmflex – nu planeras en permanent marknadsplats för eleffekt. 2023. <https://www.svk.se/press-och-nyheter/nyheter/sthlmflex/2023/stadigt-okat-intresse-for-sthlmflex---nu-planeras-en-permanent-marknadsplats-for-eleffekt/>
- Svenska kraftnät. Sveriges elnät. 2022. <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/oversikt-av-kraftsystemet/sveriges-elnat/>
- Sweco. ELNÄTSRAPPORTEN 2023 - INVESTERINGSBEHOVET I DET SVENSKA KRAFTSYSTEMET TILL 2045. Sweco. 2023. <https://www.ellevio.se/globalassets/content/nyheter-pressrum/elnatsrapporten-2023.pdf>



- Sweco. ELNÄTSUTMANINGEN. 2019.  
[https://www.svensktnaringsliv.se/bilder\\_och\\_dokument/9gly8p\\_elnatsutmaningenpdf\\_1139044.html/BINARY/Eln%C3%A4tsutmaningen.pdf](https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/9gly8p_elnatsutmaningenpdf_1139044.html/BINARY/Eln%C3%A4tsutmaningen.pdf)
- Thingvad, Andreas; Marinelli, Mattia. Influence of V2G Frequency Services and Driving on Electric Vehicles Battery Degradation in the Nordic Countries. 2019.  
[https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/151021034/EVS31\\_V2G\\_service\\_battery\\_degradation\\_final\\_postprint.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/151021034/EVS31_V2G_service_battery_degradation_final_postprint.pdf)
- Tidningen Energi. Snabbladdning med batterilager kan kapa effekttoppar i Skövde. 2022. <https://www.energi.se/artiklar/2022/november-2022/snabbladdning-med-batterilager-kan-kapa-effekttoppar-i-skovde/>
- Trafikanalys. Innovationsförmåga och kompetens i transportsektorn. 2022.  
[https://www.trafa.se/globalassets/pm/2022/pm-2022\\_12-innovationsformaga-och-kompetens-i-transportsektorn.pdf](https://www.trafa.se/globalassets/pm/2022/pm-2022_12-innovationsformaga-och-kompetens-i-transportsektorn.pdf)
- Uddin, Kotub et. al. On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system. 2017.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217306825?via%3Dihub#!>
- UK Statutory instruments. The Electric Vehicles (Smart Charge Points) Regulations 2021. 2021
- Wei, Yifan et. al. A Comprehensive Study of Degradation Characteristics and Mechanisms of Commercial Li(NiMnCo)O<sub>2</sub> EV Batteries under Vehicle-To-Grid (V2G) Services. 2022

# Bilaga A: Resultat från WS1

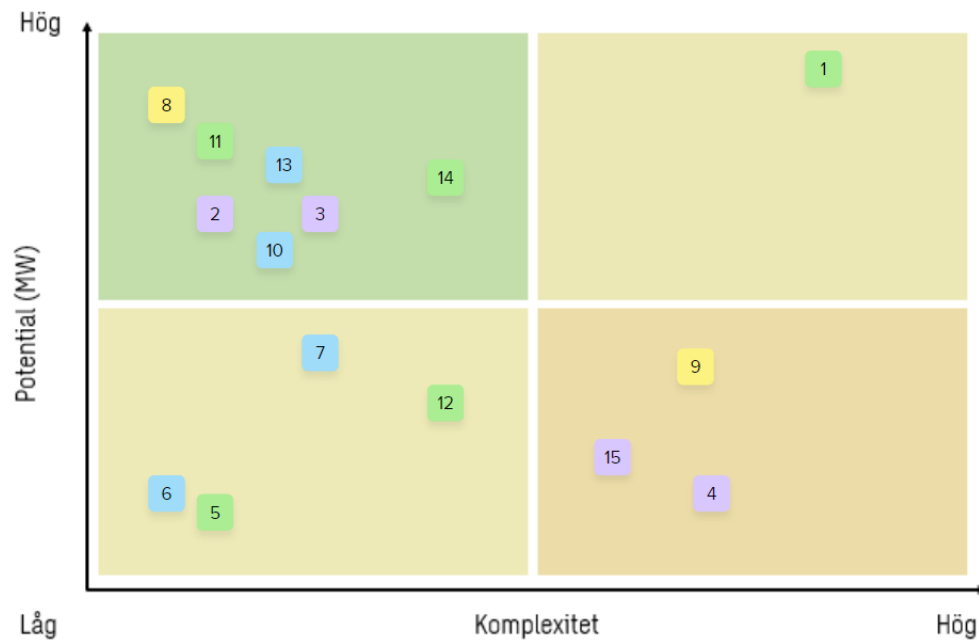
## Resultat från WS1

<b>Integrerad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Batterihälsa</li> <li>+ Värde för stadsdel/fastighet</li> <li>+ Värde för elnät/system</li> <li>+ Kunden: lägre pris/gratis?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Värde för stadsdel/fastighet</li> <li>+ Värde för elnät/system</li> <li>+ Kunden: lägre pris/gratis?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Erbjudna möjlighet att ladda med alla olika alternativ (integrerad=&gt;dum). Välja beroende på dina behov</li> <li>+ Dynamisk kostnad/pris</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ej relevant om inte snabbaddaren har ett batteri som back-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Möjlighet till nya affärsmodeller</li> <li>+ Tillhandahålla flexibilitetstjänster</li> <li>+ Tjåna pengar: flexmarknaden,</li> <li>- Kräver nya affärsmodeller</li> <li>+ Lägre driftskostnader</li> <li>+ Bättre för elnät</li> <li>+ Automatiserad process</li> <li>+ Effektoptimering</li> <li>+ Peak shaving</li> <li>+ Mjukvara optimering</li> <li>- Beträffande förändring</li> <li>- Kompetensfråga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Möjlighet till nya affärsmodeller</li> <li>+ Tillhandahålla flexibilitetstjänster</li> <li>+ Tjåna pengar: flexmarknaden,</li> <li>- Kräver nya affärsmodeller</li> <li>+ Lägre driftskostnader</li> <li>+ Bättre för elnät</li> <li>+ Automatiserad process</li> <li>+ Effektoptimering</li> <li>+ Peak shaving</li> <li>+ Mjukvara optimering</li> <li>- Beträffande förändring</li> <li>- Kompetensfråga</li> </ul>
<b>Smart</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Optimerad livstid batteri</li> <li>+ Lägre kostnad (för infra och kanske även för bilägare)</li> <li>+ Ökad tillgänglighet till laddinfra (fler punkter med lastbalansering på samma gata/parkerings)</li> <li>+ Ökat utnyttjande - bilar flyttar pga. Differentierade priser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Optimerad laddning hur länge fordonet står (om de står olika långa)</li> <li>- Utmaning att skapa en enkelhet för att det inte ska vara för många val</li> <li>Eni. åkeri</li> <li>+ Bokningsystem nödvändigt för logistikplanering</li> <li>+ Möjliggör JIT</li> <li>+ Kommunera information om väder och vägglag till laddstation</li> <li>+ Prioritera en station, eller ett fordon som behöver kräva ikapp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Operatören: lastbalansering, effektoptimering (kapa toppar i efterfrågan)</li> <li>+ Kolla tillgänglighet</li> <li>+ Boka tid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ej relevant om inte snabbaddaren har ett batteri som back-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Operatören: lastbalansering, effektoptimering (kapa toppar i efterfrågan)</li> <li>+ Kolla tillgänglighet</li> <li>+ Boka tid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Uppställningsplats nattiaddning: undvika tider med hög belastning och dyra priser</li> <li>- Ej applicerbart pga. Ansvarsfördelning</li> <li>- Ej relevant lastplatser</li> <li>+ Styra mot pris om det finns timprisavtal</li> </ul>
<b>Timer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Optimerad batterihälsa</li> <li>+ Finsel</li> <li>- Ger ingen effekt</li> <li>- Samma pris</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ej intressant för kunden</li> <li>- Ej relevant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ej relevant om inte snabbaddaren har ett batteri som back-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ej relevant om inte snabbaddaren har ett batteri som back-up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Uppställningsplats nattiaddning: undvika tider med hög belastning och dyra priser</li> <li>- Ej applicerbart pga. Ansvarsfördelning</li> <li>- Ej relevant lastplatser</li> <li>+ Styra mot pris om det finns timprisavtal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Uppställningsplats nattiaddning: undvika tider med hög belastning och dyra priser</li> <li>- Ej applicerbart pga. Ansvarsfördelning</li> <li>- Ej relevant lastplatser</li> <li>+ Styra mot pris om det finns timprisavtal</li> </ul>
<b>Dum</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Flerfamiljhus</li> <li>+ Egen parkering</li> <li>+ Parkerar under natten eller</li> <li>+ Parkerar 4 timmar och flyttar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Enkelhet för kunden</li> <li>+ Trygghet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Enkelhet för kunden</li> <li>+ Trygghet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Enkelhet</li> <li>+ Billigt</li> <li>+ Kort uppstartssträcka</li> <li>+ Enkelhet</li> <li>+ Tryggt</li> <li>Depå</li> <li>Tung trafik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Enkelhet</li> <li>+ Billigt</li> <li>+ Kort uppstartssträcka</li> <li>+ Enkelhet</li> <li>+ Tryggt</li> <li>Depå</li> <li>Tung trafik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Enkelhet</li> <li>+ Billigt</li> <li>+ Kort uppstartssträcka</li> <li>+ Enkelhet</li> <li>+ Tryggt</li> <li>Depå</li> <li>Tung trafik</li> </ul>
	<b>Arbetsplats</b>	<b>Arbetsplats</b>	<b>Destination</b>	<b>Snabbaddplats</b>	<b>Destination</b>	
	Hete rogen grupp, kan vara svårt att få nyttjandegrad laddaren	Hete rogen grupp, kan vara svårt att få nyttjandegrad laddaren	Definition av destination annorlunda inom åkeri			

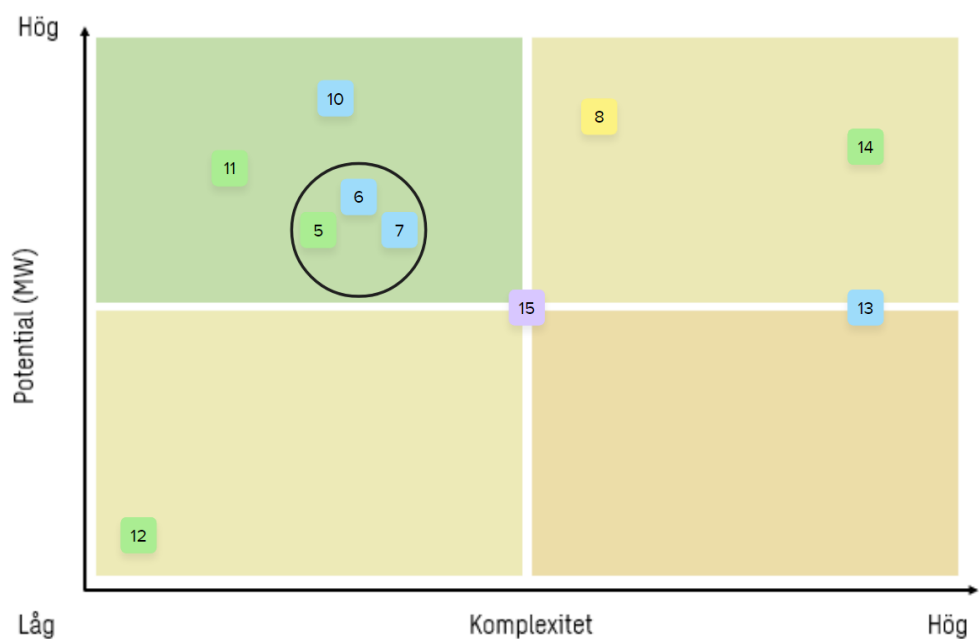
## Bilaga B: Resultat från WS2

Resultat från WS2. Värderingen i fyrfältare kompletterades med diskussionsanteckningar. Inte alltid konsensus inom gruppen gällande hur åtgärdsförslagen skulle värderas i fyrfältare.

### Grupp 1



### Grupp 2



# ÅTGÄRDER FÖR ATT SÄKERSTÄLLA EN STOR- SKALIG ELEKTRIFIERING AV FORDONSFLOTTAN

Elektrifiering av transportsektorn är avgörande för att uppnå Sveriges klimatmål. I denna rapport redovisas resultaten av en utredning och utvärdering av potentiella åtgärder för att övervinna hinder för en storskalig elektrifiering av den svenska fordonsflottan.

En stor utmaning för storskalig elektrifiering av fordonsflottan är kapacitetsbegränsningar i elnätet, vilket ofta kräver omfattande nätförstärkningar för att kunna installera laddinfrastruktur med hög effekt. I rapporten pekar författarna bland annat ut behov av tydligare incitament inom intäktsregleringen för alternativa åtgärder till nätförstärkningar, villkorade avtal och dynamisk prissättning av nätavgifter som delar av lösningen.

Men ingen ensam lösning kan pekas ut för att hantera denna utmaning utan en kombination av en rad alternativa lösningar behövs och kommer vara avgörande för att frigöra kapacitet i elnäten, på både kort och lång sikt.

## Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på [energiforsk.se](http://energiforsk.se).