

ELEKTRIFIERING AV FORDONSFLOTTAN

RAPPORT 2022:898



ETT ELSYSTEM FÖR ELFORDON



Elektrifiering av fordonsflottan

Kartläggning och nulägesbeskrivning av elfordon,
laddinfrastruktur och elnät

ERICA LIDSTRÖM, SWECO

DARIJAN JELICA, SWECO

PETER BLOMQVIST, PROFU

ISBN 978-91-7673-898-6 | © Energiforsk november 2022

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. I det delprojekt som presenteras i denna rapport ligger fokus på att kartlägga och beskriva nuläget.

Totalt består programmet av fem arbetspaket, varav detta är AP2:

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

Detta arbetspaket har utförts av Sweco och Profu. Övriga utförare i ramprojektet är Chalmers tekniska högskola, PowerCircle och Handelshögskolan i Göteborg. Samtliga utförare bidrar med värdefull feedback och information även i arbetspaket där de inte har huvudansvaret.

Även programmets styrgrupp har varit delaktiga behjälpliga med inspel och kommentarer. I styrgruppen ingår följande organisationer: Energimyndigheten, Svenska kraftnät, Ellevio, Elinorr, Krafringen, 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, Einride.

Stockholm, november 2022

Lennart Kjellman

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

Denna rapport är en kartläggning av nuläget gällande bland annat teknikutveckling, laddinfrastruktur och nätinfrastruktur för att få en översiktlig bild av förutsättningarna, behoven och begränsningarna vid en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. Även relevanta regelverk och standarder har studerats för att illustrera hur dessa kan påverka utvecklingen.

Det är i Södra Sverige som de flesta laddbara fordon är registrerade. Flest antal laddbara fordon finns i Stockholms län, Västra Götalands län och Skåne län. Stockholm län är det län som har flest registrerade fordon som används i ett annat län. Detta beror förmodligen på att de större företagens huvudkontor finns i Stockholms län, och dessa står som ägare för fordonen. Det är också Stockholms län, Västra Götalands län och Skåne län som har flest antal publika laddpunkter i Sverige.

Utvecklingen av antalet publika laddpunkter har ökat med flera hundra procent sedan 2014 och uppgår idag till drygt 14 000 laddpunkter i Sverige. De flesta publika laddpunkter har en effekt på 3,7 kW 1-fas eller 22 kW 3-fas. Laddningen sker då med växelström. Vid en laddeffekt på 50 kW eller mer tillämpas likström.

Laddning av elfordon kan ske statiskt eller dynamiskt med hjälp av olika tekniker. Den mest utvecklade och utbredda tekniken är statisk konduktiv laddning med olika typer av kontaktdon som ansluts till laddstationer. Utöver denna laddmetod kan laddningen även ske konduktivt via elvägar eller genom induktion. Laddning via elvägar sker dynamiskt men tekniken kan även appliceras för statisk laddning. Induktiv laddning är trådlös och laddningen kan ske både statisk och dynamiskt.

Utöver laddteknik finns det olika funktioner och laddstrategier som kan tillämpas bland annat för att optimera laddningen inom ramarna för fastighetens elabonnemang, men även ur ett större perspektiv för optimering mot elnätet. Exempelvis kan statiska och dynamiska effektvakter tillämpas, samt att användaren kan göra diverse inställningar för hur och när laddningen ska ske. För att få en jämn belastning på faserna kan en dynamisk fasbalansering installeras.

En ytterligare funktion är möjligheten att återmata el från bilens batteri till elnätet, så kallad bidirektionell laddning eller vehicle-to-grid (V2G). För att återmatning ska vara möjligt krävs det att både laddstationen och bilen uppfyller standarden ISO 15118. I dagsläget är det få laddboxar som stödjer möjligheten till V2G, men laddstationer som stödjer detta är under utveckling.

Variationen mellan modellerna av elektrifierade personbilar är stor. Den tydligaste skillnaden är mellan elhybrider och rena elbilar. En genomsnittlig batterikapacitet för en bil med ren eldrift är cirka 40–90 kWh med en räckvidd på 300–600 km. En laddhybrid har en batterikapacitet på 9–14 kWh med en räckvidd på 40–75 km. När elen är slut fungerar laddhybriden som en vanlig bil med en förbränningsmotor som fortsätter att driva bilen.

Hur stor laddeffekt som bilen kan ta emot beror på bilens ombordladdare. En ren elbil med större batterikapacitet klarar en högre laddeffekt jämfört med en laddhybrid. Det utgör ingen risk att ansluta sin elbil till en laddare som levererar högre effekt än vad bilens ombordladdare kan ta emot. Laddeffekten begränsas antingen till bilen eller laddstationen, beroende på vilken som har lägst kapacitet.

Det finns i huvudsak fyra olika kontaktyper framtagna för laddning av elfordon. Vilket kontaktdon som används beror på biltillverkare, men även på stationens laddeffekt. På grund av de olika kontaktdonen som finns tillgängliga på marknaden finns det behov av att etablera en standard för att främja elektrifieringen av fordon. Enligt Boverket BFS 2021:2 har det därför beslutats att laddinfrastruktur som ansluts efter 1 februari 2021 ska utrustas med anslutningsdon av typ 2 för växelström och med anslutningsdon av typ Combo 2 för likström.

Parallellt med elektrifieringen av personbilar sker även en elektrifiering av tyngre fordon. Gemensamt för lastbilstillverkarna idag är att elektrifiering sker för de fordon som dagligen kör kortare sträckor, exempelvis stadsbud och sophämtning, men utvecklingen att elektrifiera mer långväga transporter går framåt. I dagsläget är det därmed laddstationer för depåladdning och semi-publik laddning som behöver byggas, eftersom det i nuläget är transporter på lokal- och regionnivå som elektrifieras.

Inom projektet 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 som 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.

I projektet genomfördes även en intervjustudie med elnätbolag om deras syn på elektrifiering av fordonsflottan som ett komplement till enkätstudien. Generellt anser elnätbolagen att elektrifiering är en viktig fråga där de vill vara en möjliggörare för utvecklingen. Flera är dock oroande att utvecklingen av fordonsflottans, samt övrig, elektrifiering kommer att gå så snabbt att det blir svårt att hinna ansluta alla enligt de önskemål som finns. Utmaningarna är flera och består exempelvis av långa ledtider för tillstånd särskilt för regionnätet, brist på personal både med traditionella och nya nätskompetenser, brist på entreprenörer och material som transformatorer, kabel och skarvar.

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.

Det skiljer en del mellan elnätsbolag gällande hur kritiskt situationen anses vara, där en del anser sig ha stor marginal i nätet medan de flesta dock har små marginaler och behöver göra många åtgärder på kort tid. Då tidsaspekten är avgörande letar man efter snabba lösningar där flexibilitet är den huvudsakliga, vilket omfattar främst förbrukningsflexibilitet i form av flexibilitet i användningen av elnätet, vilket kan ge en mer dynamisk syn på elnätets dimensioneringsvillkor. 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 (t ex stödtjänstmarknaden). Flexibilitet ses dock 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.

Elnätsbolagen bygger i regel 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.

Delprojektet har också kartlagt standarder för statisk laddning av fordon och sammanställt dessa i ett Excel-ark. Dokumentets standarder består främst av föreskrifter från standardiserings-organisationerna ISO, IEC och SAE. Excelarket innehåller även standarder under framtagande. Majoriteten av dessa är relaterat till design, konstruktion och dimensioner för den fysiska kopplingen mellan fordon och en statisk laddkälla.

Nyckelord

Laddinfrastruktur, elektrifierad fordonsflotta, konduktiv laddning, induktiv laddning, laddstrategi, laddeffekt, vehicle-to-grid, laddstandarder, flexibilitet, kapacitetsbrist.

Summary

This work package report maps the status regarding, among other things, technology development, charging infrastructure, and network infrastructure to provide an overview of conditions, needs, and limitations for a large-scale electrification of the vehicle fleet. Relevant regulations and standards have also been studied to understand how these can affect the development.

It is in Southern Sweden that most rechargeable vehicles are registered. The largest number of rechargeable vehicles can be found in Stockholm County, Västra Götaland County and Skåne County. Stockholm county is the county with the most registered vehicles used in another county. This is probably because the headquarters of the larger companies are in Stockholm County, and often the companies are the owners of the vehicles. It is also Stockholm County, Västra Götaland County and Skåne County that have the largest number of public charging points in Sweden.

The development of the number of public charging points has increased by several hundred percent since 2014 and today amounts to just over 14,000 charging points in Sweden. Most public charging points have an output of 3.7 kW 1-phase or 22 kW 3-phase alternating current. At a charging power of 50 kW or more, direct current is applied.

Charging of electric vehicles can take place statically or dynamically using different technologies. The most developed and widespread technology is static conductive charging with different types of connectors that connect to charging stations. In addition to this charging method, charging can also take place conductively via electrical paths or by induction. Charging via electric roads takes place dynamically, but the technology can also be applied for static charging. Inductive charging is wireless and can take place both statically and dynamically.

In addition to charging technology, there are various functions and charging strategies that can be applied, among other things, to optimize charging within the framework of the property's electricity usage, but also from a larger perspective for optimization towards the electricity grid. For example, static and dynamic power monitors can be applied, and the user can make various settings for how and when charging should take place. To get an even load over the phases, dynamic phase balancing can be installed.

An additional function is the possibility to feed back electricity from the car's battery to the grid, so-called bidirectional charging, or vehicle-to-grid (V2G). For recharging to be possible, it is required that both the charging station and the car meet the ISO 15118 standard. Currently, there are few charging boxes that support the possibility of V2G, but the development of charging stations that support this is under development.

The variation between the models of electrified passenger cars is large. The clearest difference is between electric hybrids and pure electric cars. An average battery

capacity for a purely electric car is around 40-90 kWh with a range of 300-600 km. A plug-in hybrid has a battery capacity of 9-14 kWh with a range of 40-75 km. When the electricity runs out, the plug-in hybrid works like a normal car with an internal combustion engine that continues to propel the car.

How much charging power the car can receive depends on the car's on-board charger. A pure electric car with a larger battery capacity can handle a higher charging power compared to a plug-in hybrid. There is no risk in connecting your electric car to a charger that delivers more power than the car's on-board charger can receive. The charging power is limited to either the car or the charging station, depending on which has the lowest capacity.

There are essentially four different contact types developed for charging electric vehicles. Which connector is used depends on the car manufacturer, but also on the charging power of the station. Due to the variety of connectors available in the market, there is a need to establish a standard to promote the electrification of vehicles. According to Boverket BFS 2021:2, it has therefore been decided that charging infrastructure connected after 1 February 2021 must be equipped with connectors of type 2 for alternating current and with connectors of type Combo 2 for direct current.

Parallel to the electrification of passenger cars, the electrification of heavier vehicles is also taking place. Common for truck manufacturers today is that electrification takes place for the vehicles that drive shorter distances every day, for example city delivery and garbage collection. However, the development to electrify more long-distance transport is also moving forward. Currently though, it is charging stations for depot charging and semi-public charging that needs to be built, as it is currently transport at local and regional level that is being electrified.

Within the project, two surveys were carried out, where one survey was sent to electric grid companies. The grid companies' main method for promoting electrification and counteracting capacity shortages is network reinforcements, which many consider challenging both financially and in terms of resources due to the expected scope. Many of the network companies indicate that there are major uncertainties regarding the location and size of the new consumers, as well as how charging electric vehicles will affect the existing load profile over the day. Therefore, a more clearly communicated plan and improved dialogue is requested by grid companies about where planned and future electricity infrastructure is expected.

In the second survey, which was directed at, among others, municipalities, counties, and providers of charging infrastructure, it appears that increased grid capacity would promote a large-scale electrification of the transport sector. Shortened lead times for grid expansion are also in demand. It is pointed out that the installation of charging infrastructure needs to go hand in hand with the increasing number of chargeable vehicles on the roads, to create a safe transition. A joint and comprehensive strategy for expanding charging infrastructure should therefore be drawn up.

The project also carried out an interview study with electric grid companies about their views on the electrification of the vehicle fleet as a complement to the survey

study. In general, the electric grid companies believe that electrification is an important issue where they want to be an enabler and not an obstacle to development. However, many are concerned that the development of the vehicle fleet, as well as other, electrification will go so fast that it will be difficult to connect everyone according to the wishes that exist. The challenges are numerous and consist, for example, of long lead times for permits (especially for the regional grid), lack of personnel with both traditional and novel skills around the electric grid, lack of contractors and materials such as transformers, cables, and joints.

Different vehicle types bring different challenges. Passenger cars are "creeping" as the electric grid companies do not receive information from customers, but instead must measure changes in electricity consumption when customers start charging their electric cars. For heavy vehicles, there is a dialogue with the customer before they connect, however, they may require high charging effects during the day, which can lead to a need for extensive investments.

There is some difference between electric grid companies regarding how critical the situation is, where some consider themselves to have a large margin in their grid, while most, however, have small margins and need to take many measures in a short time span. As the time aspect is crucial, quick solutions are sought where flexibility is the main one, which mainly handles consumption flexibility, as in flexibility in the usage of the electric grid, which can lead to a more dynamic view of the dimensioning conditions of the electricity grid. A challenge is that in many cases capacity shortages only occur for a few hours, which makes flexibility appropriate but can make it difficult to gain trust and profitability for such a system. Therefore, it is suggested to collaborate with other markets that have a more frequent need for flexibility (e.g., the support service market). However, flexibility is mainly seen as a temporary solution until the electricity grids have had time to be strengthened, although with a view that a certain degree of flexibility is needed in the long term.

The electric grid companies never build or expand their grids based on speculation, but they take probable future loads into account and dimension for this when building/expanding their grid. The key is good planning, which is more difficult when new electricity consumption is added without the same knowledge of what that consumption will look like over time. The initiative with grid development plans is welcomed as it is hoped that it will contribute to better communication with stakeholders and thus facilitate planning going forward.

This sub-project has also mapped standards for static charging of vehicles and compiled these in an Excel sheet. The document's standards mainly consist of regulations from the standardization organizations ISO, IEC, and SAE. The Excel sheet also contains standards under development. The majority of these are related to the design, construction, and dimensions of the physical connection between the vehicle and a static charging source.

Förkortningar och begrepp

V2G	Vehicle-to-Grid.
Lågspänningsnät	Elnät med nominell spänning mellan 0.4–1 kV
Mellanspänningsnät	Elnät med nominell spänning mellan 1–20 kV
Högspänningsnät	Elnät med nominell spänning mellan 20–400 kV
Flexibilitet	Möjligheten för en elnätsägare att styra produktion/konsumtion av el.
Konduktiv laddning	Möjligheten att överföra elektricitet mellan elnätet och fordon via en fysisk koppling, t.ex. via en kabel.
Induktiv laddning	Möjligheten att överföra elektricitet mellan elnätet och fordon utan fysisk koppling, t.ex. via magnetfält.

Innehåll

1	Inledning	13
1.1	Syfte och metod	13
2	Nuläget och förutsättningar	15
2.1	Antal laddbara fordon och laddpunkter på länsnivå	15
2.2	Antal laddbara fordon och laddpunkter på kommunnivå	16
2.3	Utveckling av antalet laddpunkter och fördelning	16
2.4	Fordonens energilagringsskapacitet	17
3	Funktioner och krav för laddning av personbilar utifrån laddstrategi	19
3.1	Funktioner oberoende av laddstrategi	19
3.1.1	Användaridentifiering	19
3.1.2	Statisk effektvakt	19
3.2	Funktioner beroende på laddstrategi	20
3.2.1	Direkt laddning	20
3.2.2	Anpassad laddning genom att optimera elförbrukningen	20
3.2.3	Anpassad laddning med möjlighet till vehicle-to-grid	22
4	Tekniska specifikationer för laddbara personbilar och laddinfrastruktur	24
4.1	Elfordons batterikapacitet, räckvidd och laddeffekt	24
4.2	Normalladdning och snabbaddning	25
4.3	Laddinfrastruktur	25
4.3.1	Kontaktddon för laddning av elfordon	26
4.4	Gemensam standard för kontaktdon	27
4.5	Laddmoder	28
5	Ytterligare metoder för laddning av elfordon	30
5.1	Elvägar	30
5.2	Induktiv laddning	31
6	Elektrifiering av tyngre fordon	32
6.1	Laddstrategier och tekniker	32
7	Förutsättningar för en storskalig elektrifiering	34
7.1	Nätbolagens svar på enkätundersökningen	34
7.1.1	Kartläggning av dagens nätinfrastuktur	35
7.1.2	Nätbolagens strategier för att motverka kapacitetsbrist	36
7.1.3	Analysmetoder	37
7.1.4	Nätbolagens utmaningar	37
7.1.5	Nätbolagens behov	38
7.1.6	Elkvalitet	39
7.1.7	Utbyggnad av laddinfrastruktur	40
7.2	Andra aktörers svar på enkätundersökningen	40
7.2.1	Deltagande i projekt för att främja elektrifieringen	41

7.2.2	Behov för att främja elektrifieringen	41
7.2.3	Installation av laddinfrastruktur	43
7.2.4	Nätbegränsningar	44
7.2.5	Utmaningar	45
7.2.6	Vehicle-to-grid	46
8	Intervjustudie	47
8.1	Elnätsföretagens syn på elektrifieringen av fordonsflottan	47
8.2	Hur problematisk kommer elektrifieringen att bli	48
8.3	Vad bedömer elnätsbolagen är de största utmaningarna	49
8.4	Var i nätet förväntas problem främst uppstå	50
8.5	Vilka lösningar elnätsbolagen ser	52
8.6	Bygga på spekulation	53
8.7	Elnätbolagens roll	54
9	Standarder för statisk laddning av fordon	56
9.1	Standarder under arbete för statisk laddning av fordon	56
10	Referenslista	57
Bilaga A:	Antal laddbara personbilar och laddpunkter i Sverige	59

1 Inledning

Reducering av utsläppen från inrikes transporter är en viktig del för att nå de svenska klimatmålen. I ett första steg är målsättningen att transportsektorn ska minska sina utsläpp av växthusgaser med minst 70 procent senast år 2030 jämfört med år 2010. Denna omställning kommer bland annat kräva en kraftfull elektrifiering av transportsektorn.

Försäljningen av eldrivna personbilar ökar kraftigt i Sverige. Tillväxten av laddbara fordon i Sverige den senaste 12 månaders perioden uppgår till 56%, sett från april 2022.¹ Totala antalet elfordon i Sverige uppgick andra kvartalet 2022 till drygt 350 000 laddbara fordon.² Av dessa utgör omkring 39% rena elbilar och 59 % plug-in-hybrider, resterande andel utgör lastbilar. Försäljningen av både rena elbilar och plug-in hybrider förväntas fortsätta öka kraftigt under de kommande åren³.

Detta arbete utgör ett arbetspaket, AP 2, i ett större projekt initierat av Energiforsk. Projektet som helhet ska ta fram konkreta åtgärdsförslag som lägger grunden för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan till 2030. Fokus ligger på samspelet mellan laddinfrastruktur, elsystem och elnät. Projektet ska särskilt visa hur åtgärderna bör implementeras och när i tiden detta måste ske.

AP 2 är indelat i fyra delar:

- AP2.1: Elfordons framtida prestanda och laddningssystem
- AP2.2: Dagens och framtida körmönster och hur fordonen laddas inklusive beteendemässiga aspekter på laddningen
- AP2.3: Nätinfrastruktur idag och planer för framtida nätutbyggnad
- AP2.4: Regulatoriska aspekter och standardisering

Denna rapport redovisar resultaten av delarna 2.1, 2.3 och 2.4. Resultaten från 2.2 redovisas i en separat rapport i ett senare skede för att kunna inkludera ny statistik över körmönster för elfordon.

1.1 SYFTE OCH METOD

Elektrifiering av transportsektorn har på senaste tiden fått stor politisk uppmärksamhet, inte minst genom att regeringen hösten 2020 tillsatte en elektrifieringskommission i syfte att påskynda utvecklingen mot en fossilfri transportsektor. Initiativet belyser behov av fördjupade analyser som ser till helheten, särskilt när det gäller hur en storskalig elektrifiering av fordonsflottan ska ske utan att elsystemet blir en begränsande faktor. Arbetet i detta projekt har sin utgångspunkt i elektrifieringskommissionens arbete och förslag, samt från olika scenarier av framtida behov av stationär laddning för vägtransport. Utökad kapacitet i elnäten och smart laddning antas vara avgörande faktorer för att

¹ (Elbilsstatistik.se, 2022)

² (ElbilSverige, 2022)

³ (Barr & Topel, 2022)

möjliggöra en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. Det behöver även finnas fungerande affärsmodeller, samt styrfunktioner som optimerar och anpassar laddningen för att främja utvecklingen.

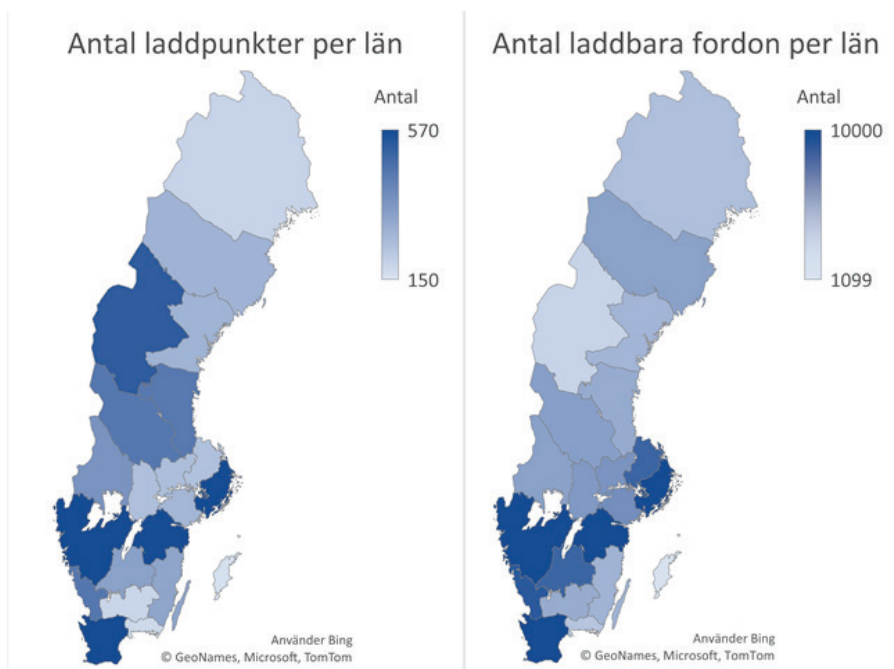
AP2 utgör en kartläggning av nuläget gällande bland annat teknikutveckling, laddinfrastruktur och nätinfrastruktur i syfte att få en översiktlig bild av förutsättningarna, behoven och begränsningarna vid en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. Även relevanta regelverk och standarder studeras för att förstå hur dessa kan påverka utvecklingen. Arbetet baseras på litteraturstudier, samt enkätundersökningar och intervjuer med bland annat nätägare, kommuner, regioner och leverantörer av laddinfrastruktur. För genomlysningen av standarder redovisas dessa som ett komplement i ett redan etablerat dokument skapat av FoI-plattformen för elvägar. Detta dokument finns tillgängligt via Energiforsks hemsida som extramaterial till denna publicering.

2 Nuläget och förutsättningar

Statistiken i detta kapitel är hämtad från Power Circles databas ELIS. Den omfattar personbilar med ren eldrift samt elhybrider och representerar utvecklingen fram till och med januari 2022. Statistiken för laddpunkter representerar antalet publika laddpunkter som finns registrerade i databasen NOBIL. När antal fordon eller laddpunkter per capita presenteras avses i denna text per 100 invånare. Siffrorna för befolkningsmängd är uppdaterade våren 2021.

2.1 ANTAL LADDBARA FORDON OCH LADDPUNKTER PÅ LÄNSNIVÅ

Det är i Södra Sverige som de flesta laddbara fordon är registrerade. Flest antal laddbara fordon finns i Stockholms län, Västra Götalands län och Skåne län. Stockholms län sticker ut med 42 procent av Sveriges totala antal laddbara fordon, Stockholm län är även det län som har flest registrerade fordon som används i ett annat län. Det är också dessa tre län som har flest antal publika laddpunkter i Sverige. Figur 1 beskriver övergripligt fördelningen av antalet laddpunkter och laddbara fordon per län. Om en jämförelse görs mellan antalet publika laddpunkter per capita eller per personbil toppas listan av Jämtlands län följt av Gotlands län. Stockholms län hamnar på en tredjeplats i denna jämförelse. En större karta med mer detaljer över antalet laddbara personbilar samt installerade laddpunkter per län i Sverige till och med januari 2022 finns i Bilaga A.



Figur 1. Antal laddpunkter per län till vänster och antal laddbara fordon per län till höger till och med januari 2022.

2.2 ANTAL LADDBARA FORDON OCH LADDPUNKTER PÅ KOMMUNNIVÅ

Det är i och kring de större städerna i Sverige som de flesta publika laddpunkterna är placerade. De kommuner i Sverige som har flest publika laddpunkter är Stockholm och Göteborg med omkring 2400 respektive 1400 laddpunkter. Det är också där som de flesta laddbara fordon finns registrerade. Därefter kommer Lund med omkring 500 laddpunkter följt av Helsingborg, Malmö, Sigtuna och Linköping som alla har omkring 350 laddpunkter vardera. I norr sticker Östersund ut med drygt 200 laddpunkter.

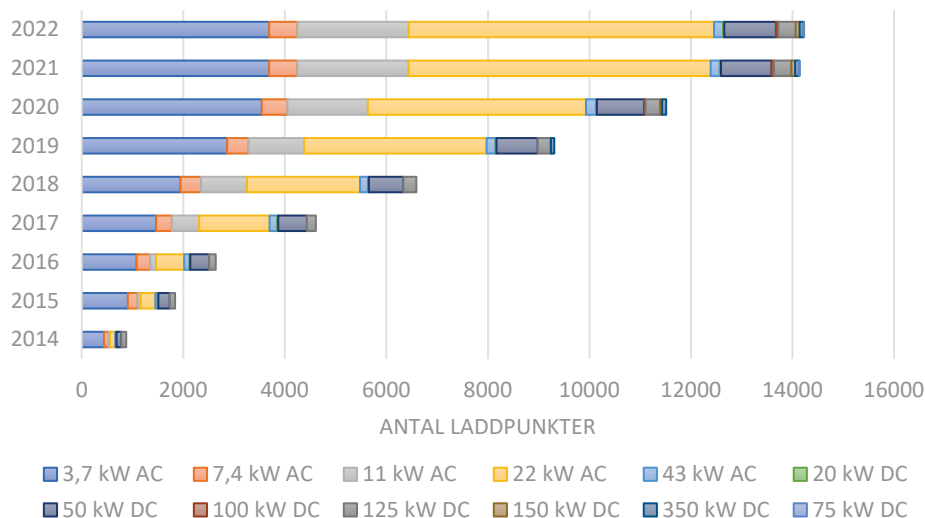
Stockholms angränsande kommuner Solna, Danderyd, Nacka har flest registrerade laddbara fordon per capita, men även Lund, Sollentuna och Stockholms innerstad har en hög andel laddbara fordon. Generellt har kommuner med huvudkontor för företag fler registrerade laddbara fordon. I norra Sverige är andelen laddbara fordon per capita generellt lägre jämför med södra Sverige.

Utvecklingen av antal publika laddpunkter per capita följer däremot inte samma trend som laddbara fordon per capita. Det är de mindre kommunerna som har flest laddpunkter. På listan för antal laddpunkter per capita ligger Strömstad i topp följt av Åre, Tanum och Sigtuna. En teori kring denna utveckling är att de städer med flest laddpunkter per capita även är städer med högre andel turism. I de städer med flest laddbara fordon görs det i stället privata installationer för laddning vid bostaden, och statistiken inkluderar inte privata laddpunkter.

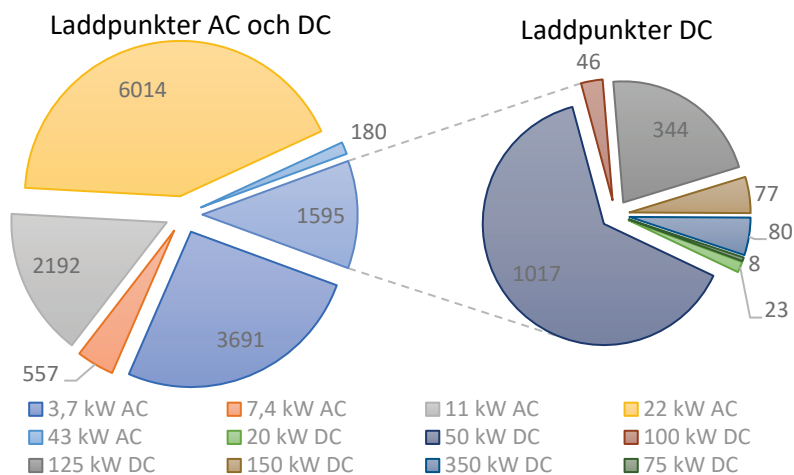
Det finns även ett 30-tal kommuner i Sverige som inte har en enda registrerad publik laddpunkt installerad än, däribland Håbo och Staffanstorps som båda har omkring 600 laddbara fordon vardera.

2.3 UTVECKLING AV ANTALET LADDPUNKTER OCH FÖRDELNING

Utvecklingen av antalet publika laddpunkter har ökat med flera hundra procent sedan 2014 och uppgår idag till drygt 14 000 laddpunkter i Sverige, se Figur 2. De flesta publika laddpunkter har en effekt på 3,7 kW 1-fas eller 22 kW 3-fas, där båda laddningstyperna laddar med växelström. Laddpunkter för växelström utgör 80 procent av det totala antalet publika laddpunkter. Andelen publika laddpunkter med en effekt om 50 kW eller mer med likström utgör idag 2/3 av antalet laddpunkter för snabbladdning, vilka i dagsläget är drygt 1 500. Figur 3 ger en samlad bild av fördelningen mellan de olika typerna av publika laddpunkter 2022.



Figur 2. Historisk utveckling av antalet laddpunkter i Sverige från 2014 till 2022 fördelade på typ.



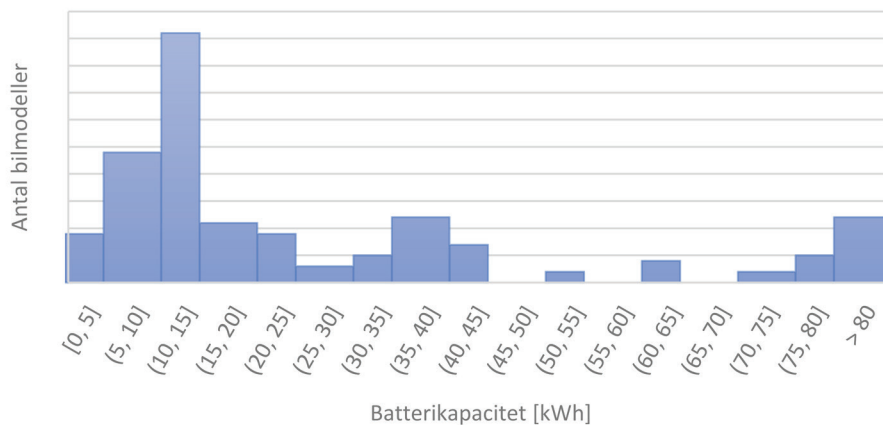
Figur 3. Fördelning mellan växelström och likström samt antal laddpunkter för olika laddeffekter i Sverige.

2.4 FORDONENS ENERGILAGRINGSKAPACITET

Enligt statistik från Power Circle är den samlade lagringskapaciteten i alla batterier som finns i alla laddbara fordon i Sverige 7 600 MWh, om de är fulladdade. Observera att detta inte endast omfattar laddbara personbilar, utan även exempelvis bussar och lastbilar. Det ska även noteras att hela den teoretiska lagringskapaciteten inte är tillgänglig för balansering av elnätet, eftersom det måste finnas tillräcklig energi kvar i batteriet för att fordonets primära funktion för transporter ska kunna tillgodoseas. Laddarens effekt begränsar också möjligheten att ta ut effekt, samt kanske den viktigaste aspekten att användaren ska upplåta sitt fordon för detta ändamål.

Figur 4 visar att den vanligaste batteristorleken för personbilar är 10–15 kWh, följt av 5–10 kWh. Dessa batteristorlekar återfinns i många elhybrider. För rena elbilar är batteristorleken oftast 35–40 kWh, med en normalfördelning kring detta

storleksintervall. Dessutom finns det är märkbar andel av elbilarna som har en batteristorlek över 80 kWh.⁴



Figur 4. Fördelning av batterikapacitet i kWh för rena elbilar och laddhybrider (Laddhybridkollen, 2022).

⁴ (Laddhybridkollen, 2022)

3 Funktioner och krav för laddning av personbilar utifrån laddstrategi

Laddning av elfordon kan ske statiskt eller dynamiskt med hjälp av olika tekniker. Den mest utvecklade och utbredda tekniken är statisk konduktiv laddning med olika typer av kontaktdon som ansluts till laddstationer. En laddstation består av en eller flera laddboxar.

Det är den konduktiva statiska laddningen som detta kapitel fokuserar på. Pantografladdning beskrivs endast övergripande i efterföljande kapitel. Observera att flera av förutsättningarna och funktionerna som anges för respektive laddstrategi gäller oberoende om laddningen sker konduktivt eller induktivt. Med utgångspunkt i de tre angivna laddstrategierna som listas nedan beskrivs i detta kapitel de tekniska krav som ställs på laddinfrastruktur och fordon.

1. Direkt laddning utan anpassning till användare och elsystem.
2. Anpassad laddning som optimeras efter användare och elsystemet.
3. Anpassad laddning som även tillåter återmatning av effekt till elnätet genom vehicle-to-grid (V2G).

3.1 FUNKTIONER OBEROENDE AV LADDSTRATEGI

Oavsett om laddningen sker genom direkt laddning eller anpassas efter användare och elsystemet finns det olika funktioner för laddningen som kan tillämpas. Exempel på strategioberoende funktioner är användaridentifiering och en statisk effektvakt, som båda beskrivs nedan. Om dessa funktioner ska tillämpas beror på de specifika förutsättningarna och behoven som finns vid respektive laddstation.

3.1.1 Användaridentifiering

Laddstationen kan utrustas med ett access-system för att identifiera användare och för att hantera olika betalsystem. Denna funktion kan tillämpas för publika laddstationer, för gemensamma laddstationer i bostadsrättsföreningen eller på arbetsplatsen. Genom identifiering kan användarspecifik information samlas in, exempelvis förbrukning, laddtid och effektuttag. Denna information kan sedan användas för uppföljning och eventuell fakturering.

3.1.2 Statisk effektvakt

Om det finns risk att det totala effektuttaget för alla anslutna fordon vid en laddstation överstiger maximal tillgänglig effekt kan en statisk effektvakt installeras. Den statiska effektvakten begränsar effektuttaget för laddstationen till ett angivet maximalt värde och fördelar tillgänglig effekt till alla fordon som är anslutna till laddstationen. Därmed överskrider fastigheten inte maxeffekten för elabonnemanget om alla vill ladda samtidigt. Den statiska effektvakten tar inte hänsyn till övrig förbrukning i fastigheten. Vissa leverantörer av laddboxar har en funktion där användaren själv kan anpassa laddeffekten utefter önskemål,

exempelvis kan laddeffekten begränsas under kvällen för att sedan ökas under natten när övrig förbrukning är låg. Detta kallas manuell lastbalansering.⁵

3.2 FUNKTIONER BEROENDE PÅ LADDSTRATEGI

Detta kapitel beskriver olika funktioner för laddning utifrån de tre laddstrategierna: direkt laddning utan anpassning till användare och elsystem; anpassad laddning som optimeras efter användare och elsystemet; samt anpassad laddning som även tillåter återmatning av effekt till elnätet genom V2G.

3.2.1 Direkt laddning

Denna form av laddning innebär att bilens batteri laddas med full effekt direkt när bilen ansluts till laddstationen. Användaren behöver därmed inte göra några inställningar om exempelvis när bilen ska laddas och laddningen optimeras inte heller dynamiskt. Denna metod riskerar att förstärka effekttopparna i elnätet eftersom laddning av personbilar tenderar att sammanfalla med tidpunkter då belastningen på elnätet redan är hög när många kommer hem från jobbet. För att motverka att huvudsäkring i fastigheten överskrivs kan en statisk effektvakt installeras.

Om den direkta laddningen sker genom laddstationer som är avsedda för laddning av elbilar och med någon av de europeiska standardiserade kontakttyperna, kommunicerar fordonet och laddstationen med varandra för att göra grundläggande kontroller, exempelvis att rätt laddeffekt används innan laddningen påbörjas samt att batteriet inte överladdas. Direkt laddning kan även ske genom det vanliga standardiserade jordade vägguttaget, dock utan möjlighet till kommunikation eftersom dessa kontakter saknar signalstift. Lämpligheten att ladda elfordon via det vanliga vägguttaget är tudelat, eftersom överhettning med brand som följd har förekommit.

3.2.2 Anpassad laddning genom att optimera elförbrukningen

Smart laddning är ett brett begrepp som inkluderar flera funktioner för att exempelvis anpassa och reducera laddeffekt samt att flytta laddningen i tid, genom exempelvis en timer, för att minska negativ påverkan på elnätet. Gemensamt för funktionerna är att de optimerar laddningen genom att distribuera tillgänglig effekt på ett flexibelt och dynamiskt sätt. Optimeringen ska ske med fokus på användaren men optimeringen kan även ske med avseende på elsystemet. Det är inte otänkbart att det kan uppstå en konflikt mellan nyttan för användaren och behovet i elsystemet. För att smart laddning ska vara möjligt krävs det att laddningen sker genom någon av kontakttyperna som specifikt tagits fram för laddning av elfordon, med undantag för typ 1-kontakten, vilka alla har signalstift som möjliggör kommunikation mellan fordon och laddstation.

⁵ (ABB, 2022)

Allteftersom fler funktioner inkluderas inom ramen för den smarta laddningen är det lämpligt att ha ett Energy management system som samordnar alla funktioner och koordinerar dem inbördes.

Användarinställningar

För att laddningen ska kunna optimeras behöver användaren göra vissa inställningar om hur laddningen ska ske. Dessa inställningar kan göras via en applikation i telefonen, genom fordonet eller direkt i laddboxen. Detta kräver någon form av grafiskt gränssnitt. Genom det grafiska gränssnittet kan användaren även få information om laddningen, exempelvis batteristatus och statistik.

Om inställningarna för laddningen ska kunna göras på distans krävs att laddstationen är uppkopplad. Det görs exempelvis genom en nätverkskabel som dras till respektive laddstation eller trådlöst via en router. Om laddstationen är uppkopplad kan laddningen även skötas dynamiskt genom att styras utifrån externa signaler, exempelvis genom en applikation i telefonen. Därmed kan laddningen anpassas i realtid efter användarens önskemål. Uppkopplade laddstationer gör det även möjligt att uppdatera programvaran på distans.

Dynamisk last- och fasbalansering

Vid tidpunkter då elförbrukningen är hög finns det risk att den totala strömförbrukningen inom fastigheten tangerar abonnerad effekt och huvudsäkringens maximala kapacitet. Om dessa höglasttillfällen sammanfaller med laddning av elbilar adderas effektuttaget till den redan höga förbrukningen varpå effekttoppen ökar ytterligare, vilket kan leda till att fastighetens abonnerade effekt och huvudsäkring överskrids.

Genom en dynamisk lastbalansering är det möjligt att optimera laddningen i realtid utifrån fastighetens abonnerade effekt, huvudsäkring och andra förutsättningar, exempelvis genom att ladda när egenproduktionen av solceller är stor eller under natten då elpriset oftast är lägre och övrig elförbrukning är låg. Lastbalanseringen fördelar tillgänglig effekt så optimalt som möjligt till laddstationen utifrån laddnivå av bilarnas batterier, inom ramen för laddstationens kapacitet och övriga förbrukare som finns inom fastigheten. Om det inte finns någon tillgänglig laddeffekt, med avseende på huvudsäkringen, pausas laddningen och när tillräcklig effekt åter finns tillgänglig påbörjas laddning igen.⁶

Den dynamiska lastbalanseringen behöver installeras så att den totala elförbrukningen inom fastigheten som ska optimeras kan övervakas. Dynamisk lastbalansering innebär ytterligare behov av kommunikation mellan laddpunkterna och fastigheten. En separat elmätare med tillhörande kommunikationskabel kan därför behöva installeras, beroende på leverantören av laddboxen. Om lastbalanseringen dessutom ska inkludera möjligheten att optimera förbrukningen i förhållande till elpris eller egen produktion av solceller krävs i regel ytterligare kraftelektronik.

⁶ (ABB, 2022)

På platser där det finns flera laddboxar är det även möjligt att ha en dynamisk fasbalansering för att undvika inbördes snedbelastning av faserna. Fasbalanseringen fördelar effekten på faserna i realtid utefter antalet laddboxar som är i bruk och aktuell laddnivå av bilarnas batterier. Denna funktion fungerar oberoende om laddstationerna ansluts med 1-fas eller 3-fas.

3.2.3 Anpassad laddning med möjlighet till vehicle-to-grid

V2G, eller så kallad bidirektionell eller tvåvägsladdning, är ytterligare en funktion för smart laddning där den lagrade energin i bilens batteri vid behov kan återmatas till elnätet. För att möjliggöra funktionen V2G ställs ytterligare krav på kraftelektronik i bilen eller laddstationen utöver kraven för anpassad laddning. När bilens batteri laddas omvandlas växelström från elnätet till likström i laddstationen eller i bilens ombordladdare. Om det ska vara möjligt med en återmatning av effekt till elnätet krävs det att likströmmen från batteriet återigen växelriktas. För detta krävs en växelriktare som antingen placeras i bilen eller i laddstationen.

Om växelriktaren finns i bilen behöver den få information från den specifika laddstationen om hur elen ska anpassas för att kunna matas ut till elnätet på den specifika geografiska platsen där laddstationen finns. Om växelriktaren i stället placeras i laddstationen behöver bilen endast mata ut ström, som laddstationen sedan gör om till växelström med rätt anpassningar. Bilen behöver därmed inte få någon specifik geografisk information om hur strömmen ska anpassas. Den sistnämnda metoden anses därmed smidigare och mer ekonomisk och utvecklingen av standarden går därför i den riktningen. Dock finns det bilmodeller, exempelvis Renault Zoe, med en ombordladdare som både kan likrikta och växelrikta strömmen. Om en bil ska återmata el till elnätet klassas den som en mikroproducent och behöver uppfylla alla krav som gäller för mikroproducenter, där ibland följa nätkoder utöver utökad krav på kommunikation.

Utöver en växelriktare krävs ett mer utförligt informationsutbyte mellan laddstationen och bilen för att återmata effekt till elnätet. Exempelvis behövs platsangivelse, elavtal, tariffer, energibehov, schemaläggning, batteristatus och tekniska variabler om elnätet förmedlas för att V2G ska kunna stödja elnätet. Detta är betydligt mer information än vad som behöver förmedlas då laddning i riktning från elnät till batteri endast ska ske. Styrsignaler från elnätet och bilens batterisystem om när det är lämpligt att mata ut effekt är vitalt för att funktionen ska fungera optimalt och den fulla potentialen med V2G ska kunna nyttjas.

Standarden ISO 15118 ställer krav på både hårdvara och mjukvara som möjliggör V2G. Standarden är under utveckling och det krävs att både laddstationen och bilen har implementerat ISO 15118 för att V2G ska fungera.⁷

Boverket har beslutat att kontakterna Typ 2 och CCS från februari 2021 ska vara standard för elbilar.⁸ I dagsläget stödjer inga av dessa kontakttyper V2G. Tekniken för V2G finns dock tillgänglig men den tillämpas inte i den europeiska

⁷ (ISO 15118, 2019)

⁸ (Boverkets författningssamling, 2021)

laddstandarden. I dagsläget är endast bilar med kontaktdon av typen CHAdeMo kompatibla med V2G. Biltillverkarna Nissan och Mitsubishi är de enda som använder den kontakttypen i Europa. Det krävs att standarden ISO 15118 implementeras för att även andra biltillverkare som inte använder kontakttypen CHAdeMo ska vara kompatibla med V2G. Hos flera biltillverkare pågår det arbete med att införa funktionalitet för V2G i sina bilmodeller.⁹

I dagsläget är det få laddboxar som stödjer möjligheten till V2G men utvecklingen av laddstationer som stödjer detta är under utveckling. Det pågår också en regulatorisk diskussion om huruvida elfordon med möjlighet till V2G bör klassas som mikroproducenter, varpå laddanordningen kan behöva uppfylla vissa nätkoder för att anses legal. Det finns för tillfället ett behov att jobba vidare med denna fråga inför implementeringen av V2G-teknologi i Sverige.

⁹ (Power Circle, 2020)

4 Tekniska specifikationer för laddbara personbilar och laddinfrastruktur

Beroende på hur laddningen sker ställs olika krav på fordon, laddinfrastruktur och nätinfrastruktur. Detta kapitel beskriver tekniska specifikationer och förutsättningar för laddbara personbilar samt laddinfrastruktur för konduktiv statisk laddning av personbilar. Med laddinfrastruktur avses i denna text laddbox och kontaktdon.

4.1 ELFORDONS BATTERIKAPACITET, RÄCKVIDD OCH LADDEFFEKT

Variationen mellan modellerna av elektrifierade personbilar är stor. Den tydligaste skillnaden är mellan laddhybrider och rena elbilar, där rena elbilar har den största batterikapaciteten och därmed längre helelektrisk räckvidd. Produktvariationen för rena elbilar är stora, bland annat gällande räckvidd, laddkapacitet och storlek på fordon, i likhet med de fossildrivna modellerna.

En genomsnittlig batterikapacitet för en bil med ren eldrift är cirka 40–90 kWh med en räckvidd på 300–600 km, men variationerna är stora beroende på bilmodell. Renault Zoe har ca 50 kWh batterikapacitet, VW ID 3 erbjuds med 45, 58 eller 77 kWh och en stor bil som Mercedes EQC har 80 kWh. Det finns även bilmodeller med större batterikapacitet. En bil med elektrisk drift drar mellan 15 och 25 kWh el per 100 km.¹⁰

En laddhybrid har ett uppladdningsbart batteri med lägre kapacitet jämfört med en ren elbil, men den kan ändå köras en längre sträcka på enbart el. De flesta laddhybrider har en batterikapacitet på 9–14 kWh med en räckvidd på 40–75 km.¹¹ När elen är slut fungerar laddhybriden som en vanlig bil med förbränningsmotor som fortsätter att driva bilen. Elhybriden främjar därmed utvecklingen av elektrifieringen av personbilar genom att den överbrygger utvecklingen från fossildrivna bilar till bilar med ren eldrift.

Hur stor laddeffekt som bilen kan ta emot beror på bilens ombordladdare. En ren elbil med större batterikapacitet jämfört med en laddhybrid klarar oftast en högre laddeffekt, eftersom det annars skulle ta längre tid innan batteriet är helt fulladdat och därmed bli opraktiskt. Generellt kan laddhybrider ta emot en laddeffekt upp till 3,7 kW, vilket innebär att det tar ungefär 3–4 timmar för batteriet att bli helt fulladdat. Rena elbilar kan ta emot en laddeffekt upp till 11 kW eller i vissa fall ännu högre, beroende på ombordladdarens begränsning.¹²

Laddningen av batteriet följer en laddkurva, där det går fortare att lagra energi i ett nästan tomt batteri jämfört med i ett batteri som nästan är fulladdat, även batteriets temperatur kan spela in gällande hur lång tid det tar att ladda batteriet. Ett nedkylt

¹⁰ (Laddhybridkollen, 2022)

¹¹ (Laddhybridkollen, 2022)

¹² (Vattenfall, 2019)

batteri tar längre tid att ladda och sliter mer på batteriets livslängd jämfört med ett uppvärmt batteri.

Det utgör ingen risk att ansluta sin elbil till en laddare som levererar högre effekt än vad bilens ombordladdare kan ta emot. Laddeffekten begränsas antingen till bilen eller laddstationen, beroende på vilken som har lägst kapacitet. Likaså utgör det inte heller någon risk att ladda bilen med en lägre effekt än vad bilens ombordladdare kan ta emot.

4.2 NORMALLADDNING OCH SNABBLADDNING

Beroende på laddeffekt kategoriseras laddningen som normalladdning eller snabbladdning. Det finns även en kategori däremellan som ibland kallas semi-snabb laddning. Normalladdning är den laddning som sker under längre tid vid exempelvis hemmet, vid arbetsplatsen eller vid andra publika laddstationer. Normalladdning sker genom 1-fas eller 3-fas med en strömstyrka upp till 16 A eller 32 A. Hur lång tid det tar att ladda batteriet beror på vilken effekt som laddaren kan leverera eller ombordladdarens kapacitet. Ombordladdaren är monterad i bilen och dess kapacitet varierar beroende på bilmodell. En vanlig laddeffekt för normalladdning genom kontakter avsedda för elfordon är 3,7–11 kW.¹³ Beroende på batteriets kapacitet och laddeffekt tar det vid normalladdning mellan 2–10 timmar att ladda bilens batteri fullt. Eftersom normalladdning sker med växelström omvandlar bilens ombordladdare strömmen till likström för laddning av batteriet.

Genom snabbladdare är det möjligt att ladda bilen med högre effekt jämfört med normalladdning om bilen tillåter det. Snabbladdningsstationerna är strategiskt utplacerade utmed våra större vägar eller i tätorter. Snabbladdning i Sverige sker med en effekt mellan 22–150 kW, där 50 kW är vanligast just nu.¹⁴ Trenden är dock att laddeffekten ökar i takt med att fler snabbladdningsstationer byggs. Det finns även snabbladdningsstationer med en effekt på upp till 350 kW. För rena elbilar tar det i medeltal med snabbladdning cirka 30 minuter att ladda ett bilbatteri från 10 till 80 procent. En snabbladdare matar bilen direkt med likström och därmed sker ingen omvandling av strömmen i bilens ombordladdare innan den tillförs batteriet. Vid laddningen med likström behöver det säkerställas att likströmmen inte sprids ut i växelströmsnätet, ex via separation.

4.3 LADDINFRASTRUKTUR

Installation av laddstationer kan ske med antingen 1 eller 3 faser. Förutom antalet faser kan laddningen ske med olika strömstyrka upp till 32 A, vilket resulterar i olika laddeffekter. Ett vanligt jordat uttag har vanligtvis en strömstyrka på 10 A medan installationer som enkom är avsedda för laddning av elbilar har en strömstyrka på 16 A eller högre. Vid en installation med 1 fas blir den maximala laddeffekten 3,7 kW med 16 A och 7,4 kW vid 32 A. Vid en installation med 3 faser

¹³ (EFUEL, 2022)

¹⁴ (EFUEL, 2022)

blir den maximala laddeffekten 11 kW med 16 A och upp till 22 kW med 32 A. Se sammanfattningen av de olika laddeffekterna i Tabell 1.

De flesta av dagens laddhybrider och rena elbilar laddar med 1-fasladdare, men i takt med att det ska gå fortare att ladda och fler rena elbilar kommer ut på marknaden blir det vanligare med 3-fasladdning med högre strömstyrka.

Tabell 1. Sammanfattning av laddeffekter.

Strömstyrka	16 A	32 A
1-fas	3,7 kW	7,4 kW
3-fas	11 kW	22 kW

4.3.1 Kontaktdon för laddning av elfordon

Det finns i huvudsak fyra olika kontaktyper framtagna för laddning av elfordon.¹⁵ Vilket kontaktdon som används beror på biltillverkare men även på stationens laddeffekt. Dessa fyra kontaktdon beskrivs nedan. Tabell 2 sammanfattar de olika användningsområdena och Figur 5 illustrerar dess utseende. På grund av de olika kontaktdonen som finns tillgängliga på marknaden har det uppstått ett behov av standardisering, vilket beskrivs i efterföljande stycke.

Typ 1 – denna kontakt kan användas för laddning upp till 32 A enfas och har signastift som möjliggör kommunikation med laddstationen och fordonet. Denna kontakttyp lämpar sig därmed för normalladdning.

Typ 2 – Denna kontakt kan användas för laddning upp till 70A enfas eller 63A trefas. Denna kontakttyp lämpar sig därmed för normalladdning med 3,7–22 kW laddeffekt men en laddeffekt upp till 43 kW är även möjligt. Kontakten har två signalstift, varpå kommunikation mellan laddstationen och fordonet därmed är möjlig under laddningen. EU har bestämt att denna kontakt ska utgöra standarden för normalladdning av elfordon i Europa.

CCS/Combo – Combined Charging System, denna kontakt kan hantera både växelström och likström. Laddeffekten kan vara upp till 280 kW. Kontakten har ett eluttag som är utformat för att passa två olika typer av kontakter. I den övre delen kan en kontakt av Typ 2 anslutas för normal- och semisnabb laddning med växelström. I den nedre delen kan en kontakt för snabbladdning med likström anslutas. Denna kontakt är den europeiska standardkontakten för laddning och används i ett flertal bilmodeller i Europa.

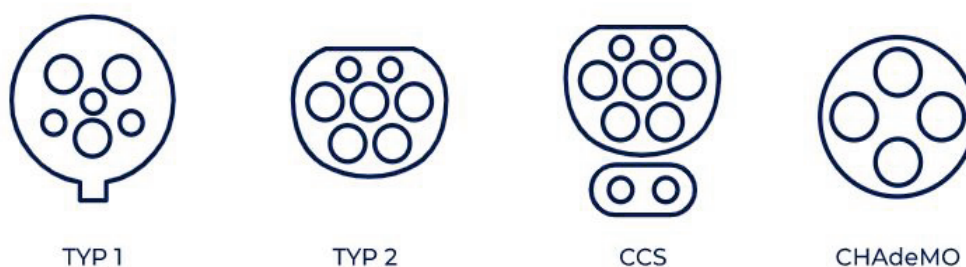
CHAdemo – kontakttypen kommer från Japan och är Asiens motsvarighet till CCS-kontakten. Den andra generationen av kontaktdonet som släpptes 2018 kan användas för laddning med likström upp till 400 kW.¹⁶ Kontakten har flera signalstift för kommunikation. Denna kontakt utgör standardkontakten för snabbladdning i Asien och förekommer ofta på asiatiska bilar även i Europa.

¹⁵ (Alltomelbil, 2022)

¹⁶ (Chademo, 2022)

Tabell 2. Sammanställning av kontakternas användningsområden.

	Typ 1	Typ 2	CCS/Combo 2	CHAdemo
Normalladdning	X	X	X	
Semisnabb AC	X	X	X	X
Semisnabb DC		X	X	X
Snabb DC			X	X

**Figur 5.** Illustration av de fyra olika kontakterna avsedda för fordonsladdning.

Utöver de fyra kontakttyperna ovan finns det även en kontakttyp som Tesla utvecklade till sina första bilmodeller, så kallad Tesla SC. Kontakten är en modifiering av Typ-2 kontakten men för nyare bilmodeller har Tesla också gått över till den europeiska CCS-standarderna för kontaktdon. Därmed är det tekniskt möjligt att andra bilmärken även ska kunna ta del av Teslas betydande antal laddstationer.

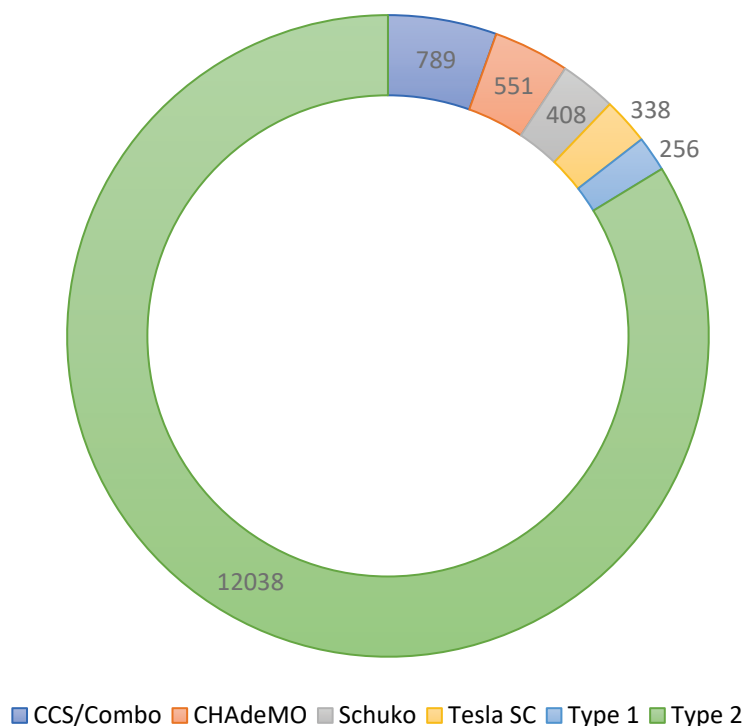
En annan kontakttyp som inte är framtagen enbart för laddning av elfordon är det vanliga standardiserade jordade vägguttaget för hushållsel med markström 10A eller 16 A enfas, så kallat Schuko. Dock ska det nämnas att brandrisken vid laddning av elfordon i dessa kontakter inte ska avfärdas, eftersom schukokontakter inte är konstruerade för långvarigt effektuttag, vilket sker vid laddning av elfordon. Därför är det omdiskuterat om dessa kontakter verkligen lämpar sig för laddning av elfordon. Kontakten har inga signalstift och kan därmed inte kommunicera med laddstationen och fordonet.

4.4 GEMENSAM STANDARD FÖR KONTAKTDON

Eftersom det finns flera olika kontaktdon på marknaden finns det behov av att etablera en standard för att främja elektrifieringen av fordon. Det gemensamma kravet, enligt Boverket BFS 2021:2, för laddinfrastruktur som ansluts efter 1 februari 2021 innebär att laddningspunkter för växelström ska utrustas med anslutningsdon av typ 2 och laddningspunkter för likström ska utrustas med anslutningsdon av typ Combo 2.¹⁷ Därmed blir detta även standard för vilket kontaktdon som laddbara personbilar ska utrustas med.

¹⁷ (Boverkets författningssamling, 2021)

Figur 6 illustrerar fördelningen av de sex olika typerna av kontaktdon som nämns ovan. Majoriteten av kontaktdonen för laddning i Sverige är av modellen Typ 2, följt av modellen CCS/Combo. Vilket går i linje med den förväntade utvecklingen enligt Boverket BFS 2021:2.



Figur 6. Antal publika laddpunkter i Sverige 2022 fördelat på kontakttyp.

4.5 LADDMODER

Förutom laddning med växelström eller likström samt olika kontakttyper finns det olika Moder som beskriver laddningen av elfordonet. Moderna anger vilken slags säkerhet och kommunikation som sker vid laddningen. Nedan följer en förklaring av respektive säkerhetsmod.¹⁸ EU har beslutat att Mode 3 ska vara standardnivån för normal- och semisnabb laddning och Mode 4 ska vara standard för snabbladdning. En sammanfattning av vilken säkerhetsnivå som används för respektive kontakttyp finns i Tabell 3. Open Charge Point Protocol (OCPP) är kommunikationsstandarden som används för kommunikation mellan fordonet och laddstationens Charging station management system (CSMS).

Mode 1 – Innebär laddning via det vanliga jordade vägguttaget med 230/400 V upp till 16A. Laddningen sker utan övervakning eller kommunikation.

Mode 2 – Innebär också att laddningen sker via det vanliga jordade vägguttaget men skillnaden är att det även finns en övervakning av laddningen i form av en

¹⁸ (OPIGO, 2020)

dosa som är monterad på laddkabeln. Dosan innehåller bland annat en jordfelsbrytare och möjlighet till kommunikation med bilen under laddningen så att laddningen kan kontrolleras.

Mode 3 – Laddstationen och fordonet kommunicerar med varandra innan laddningen påbörjas, vilket innebär att kabeln är strömlös innan alla testerna är genomförda och godkända. Denna säkerhetsnivå är standard i Europa för normal- och semisnabb laddning sedan 2017.

Mode 4 – Även i detta säkerhetsläge kommunicerar laddstationen och fordonet med varandra innan laddningen påbörjas. Den högre säkerhetsklassen behövs för att laddningen sker med högre effekter jämfört med normalladdning. Detta är den europeiska standarden för snabbaddning, dvs laddning med likström.

Tabell 3. Sammanställning av kontakttyper och säkerhetsnivåer.

	Typ 1	Typ 2	CCS/Combo 2	CHAdeMo
Mode 1	X			
Mode 2	X	X		
Mode 3	X	X	X	
Mode 4			X	X

5 Ytterligare metoder för laddning av elfordon

Förutom den konventionella konduktiva statiska laddningen av elfordon kan laddningen också ske konduktivt via elvägar eller genom induktiv laddning. Laddning via elvägar sker dynamiskt men tekniken kan även appliceras för statisk laddning. Induktiv laddning är trådlös och laddningen kan ske både statisk och dynamiskt. På grund av att induktiv laddning och konduktiv laddning via elvägar fortfarande är under utveckling, och därmed inte är lika utbredda tekniker, kommer det endast att göras en kort sammanställning av dessa tekniker i detta kapitel.

5.1 ELVÄGAR

Parallellt med utvecklingen av den statiska konduktiva laddningen genom ett kontaktton med kabel som ansluts till laddstationen utvecklas även två andra konduktiva laddmetoder i form av dynamisk laddning under färd genom elvägsteknik. Tekniken bygger på att tunga fordon (lastbilar, bussar) har en pantograf monterad på fordonets tak som kopplar an mot luftkablar ovanför vägen likt hur tåg och spårvagnar drivs idag, eller att både lätta och tunga fordon kan laddas under färd genom en skena i körbanan. I det senare fallet överförs laddströmmen från skenan till fordonet genom en rörlig arm som är placerad under fordonet. När fordonet befinner sig ovanför skenan är armen ansluten men vid exempelvis en omkörning lyfts den automatiskt upp. Strömmen överförs kontinuerligt från skenan till fordonet när armen är i kontakt med skenan i vägen. När fordonet lämnar skenan drivs motorn av ström från batteriet, som laddas under färd när fordonet är anslutet till skenan. Laddning med pantograf fungerar enligt samma princip men ansluter då till luftkablar monterade ovanför vägen. Båda tekniker använder för tillfället en överföringsström mellan fordon och skena/pantograf på 750 V DC.

I likhet med järnvägsrälsen är skenan i vägbanan uppdelad i sektioner och det är endast när ett fordon befinner sig ovanför den som sektionen spänningssätts. Tekniken kan även användas för att ladda fordon stillastående vid parkeringsplatser, godsmottagningar och andra ändstationer. Armen sänks då ner mot en laddskena under fordonet och lyfts upp när laddningen avslutas.

Laddning med pantograf mot ovanliggande kablar fungerar enligt samma princip med skillnaden att sektionerna som aktiveras ofta är längre (över en kilometer) gentemot skentekniken som ofta har korta avstånd (under 100 meter). Statisk laddning för stadsbussar genom pantograf vid utvalda hållplatser används redan på kommersiell nivå av till exempel Västtrafik i Göteborg.

Strategin med elvägar är att större huvudvägar ska utrustas med tekniken och att fordonet använder batteridrift när det kör på en väg som inte har denna infrastruktur. Fördelen med denna metod är att batteriets lagringskapacitet kan

vara lägre, jämför med fordon som enbart använder el från ett batteri vid framdrift. Det gäller under förutsättning att tillräckligt många vägar utrustas med tekniken.¹⁹

Inom projektet eRoadArlanda har en laddskena på cirka 2 km monterats mellan Arlanda och Rosersberg i syfte att utveckla och utvärdera tekniken.²⁰ Region Gävleborg har utanför Sandviken mellan åren 2013–2020 utfört ett pilotprojekt för pantografladdning med luftkablar för en 2 km sträcka på väg E16.²¹ I båda fall utfördes testerna med lastbilar.

5.2 INDUKTIV LADDNING

Utöver den konduktiva laddmetoden kan laddning ske trådlöst genom induktion. Laddningen sker genom att fordonet placeras precis ovanför en platta i marken, som exempelvis kan placeras på en parkeringsplats, i ett garage, vid ett köpcentrum eller på en annan plats där fordonet kommer att stå parkerat en tid. Tekniken bygger på att plattan innehåller en spole samt att en sekundärspole är monterad under bilen. Storleken på sekundärspolen är ungefär som ett A3-pappersark och monteras ofta under bakre delen av bilen. Den induktiva laddningen kan kombineras med möjligheten att ladda batteriet via en kabel.

När bilens spole är placerad precis ovanför den andra spolen skapas ett magnetfält som genererar ström. Inledningsvis var energiförlusterna stora men utvecklingen har gått framåt. Det amerikanska företaget Oak Ridge National Laboratory utvecklade först en laddare med effekten 20 kW och några år senare ytterligare en laddare med laddeffekten 120 kW där verkningsgraden ligger på över 97%. Det finns även plattor avsedda för personbilar med lägre laddeffekt, omkring 3,2 kW.²²

Den induktiva laddtekniken är fortfarande ovanlig på marknaden även om några biltillverkare stödjer trådlös laddning genom induktion. Det finns även vissa bussar inom kollektivtrafiken i Tyskland som laddas induktivt. För kollektivtrafiken tillhandahålls laddningsalternativ med en effekt på 200 kW.

Induktiv laddning kan även ske dynamiskt under färd om körbanan utrustas med segment av spolar. Möjligheten att ladda under färd skulle öka räckvidden för eldrivna fordon utan att batteriet behöver vara större. Även inom det dynamiska området har utvecklingen gått framåt, numera är laddningen inte lika känslig för att avståndet mellan de två spolarna varierar medan laddningen pågår.

Reanult, Qualcomm och Vedecom driver ett storskaligt testprojekt där spolar har monterats på en 100 m lång körbana i Frankrike.²³ Electreon bedriver också ett flertal samarbetsprojekt med induktiv laddning för bussar, lastbilar och personbilar, bland annat på Gotland, i Lombardy i Italien och i Tel Aviv i Israel.²⁴

¹⁹ (Evias, 2020)

²⁰ (NCC, 2022)

²¹ (Sandviken PurePower, 2022)

²² (EFUEL, 2022)

²³ (Stone, 2017)

²⁴ (Electreon, 2022)

6 Elektrifiering av tyngre fordon

Elektrifieringskommissionen har presenterat en färdplan för elektrifieringen av de mest trafikerade vägarna i Sverige och en av de viktigaste förutsättningarna är utbyggnad av laddinfrastruktur för tunga fordon. Det pågår därmed ett gemensamt arbete mellan energi- och fordonsföretag för att utreda behoven och skapa förutsättningar för att etablera elinfrastrukturen. Utöver detta har flera företag som tillhandahåller drivmedelsstationer ambitionen att utöka möjligheterna att ladda tyngre fordon.

Gemensamt för lastbilstillverkarna idag är att elektrifiering sker för de fordon som dagligen kör kortare sträckor, exempelvis stadsbud och sophämtning, men utvecklingen att elektrifiera mer långväga transporter går framåt. Idag kan Scania erbjuda lastbilsmodeller för ren eldrift med en batterikapacitet på 165 kWh eller 300 kWh. Det motsvarar en körsträcka på 150 km respektive 250 km. Scania har även lastbilar för hybriddrift med en batterikapacitet på 90 kWh och en räckvidd upp till 60 km.²⁵ Volvo har flera lastbilsmodeller för ren eldrift med en batterikapacitet mellan 180–540 kWh med en räckvidd upp till 300 km.²⁶

6.1 LADDSTRATEGIER OCH TEKNIKER

Det finns flera olika tekniker och strategier gällande laddning av lastbilar, beroende på hur körmönstret ser ut och vilken typ av fordon det är. I dagsläget finns det få platser i Sverige där det är möjligt att ladda tyngre fordon, men det förväntas ske en betydande ökning de närmaste åren för att möta den omfattande omställningen.

De två laddstandarder som används för laddning av tyngre trafik är Typ 2 och CCS. Typ 2 används för lägre effekter upp till 50 kW och CCS för effekter däröver. Vidare finns det i princip tre olika typer av strategier för stationär laddning av tyngre fordon. Dessa är: privat vid en depå, semi-publikt vid godsterminaler och hamnar vid av- och omlastning samt publikt längs med vägarna. BIL Sweden förutser att ca 80% av laddningen kommer att ske under längre tid vid depåer under natten med en laddeffekt på 22–50 kW. För längre transporter på regionnivå kan depåladdningen behöva kompletteras med semipublik laddning med en laddeffekt på 150 kW eller mer. I enstaka fall kan laddningen för regiontrafik även behöva ske längs vägen vid publika laddstationer med en förväntad laddeffekt på 350 kW och uppåt. I dagsläget är det därmed stationer för depåladdning och semi-publik laddning som behöver byggas eftersom det i nuläget är transporter på lokal- och regionnivå som elektrifieras.

I takt med att fordon som kör längre sträckor elektrifieras kommer behovet av publika laddstationer längs vägarna att bli mer betydelsefulla. Det kommer då att finnas ett behov av både snabb och långsam laddning längs med vägarna, eftersom lastbilarna förmodligen kommer att behöva laddas både under chaufförernas kortare laster och under den längre dygnsvilan. Det pågår utveckling för att

²⁵ (Scania, 2021)

²⁶ (Volvo, 2022)

tekniskt kunna tillhandahålla stationer med en laddeffekt på 1 MW. I dagsläget kan CCS-kontakterna inte leverera mer än 400 kW, varpå laddning vid stationer med högre laddeffekter sker genom pantografladdning. Dock är det inte bara laddstationerna som behöver utvecklas för att klara av en laddeffekt över 400 kW, i dagsläget utgör även lastbilarna en begräsning eftersom de endast kan hantera en laddeffekt på 130–250 kW beroende på modell.

7 Förutsättningar för en storskalig elektrifiering

Inom arbetet för AP2 genomfördes två enkätundersökningar. Den ena enkäten skickades till nätbolag och den andra skickades till kommuner, regioner, energikontor, leverantörer av laddinfrastruktur samt branschorganisationer. Syftet med frågorna i enkäterna är att få en uppfattning om dagens läge genom att viktiga aktörer får uttrycka sin syn på utvecklingen. Deras svar förmedlar bland annat förutsättningar för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan samt behov för att genomgå övergången.

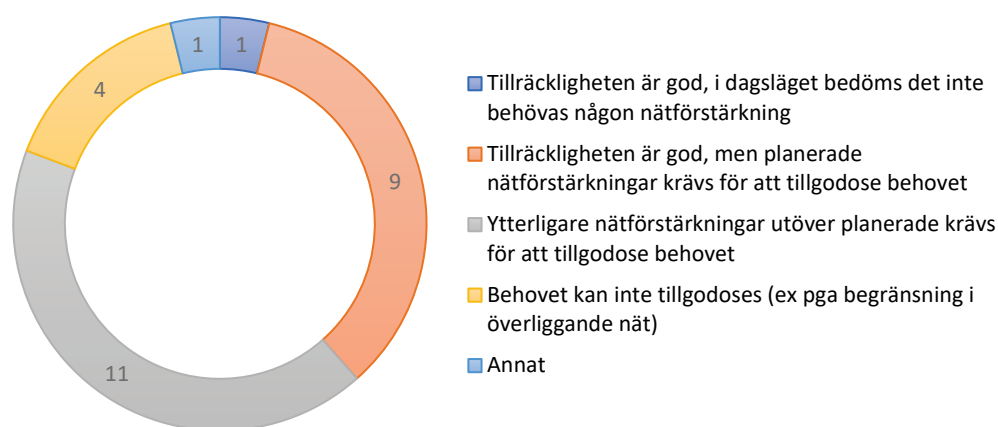
7.1 NÄTBOLAGENS SVAR PÅ ENKÄTUNDERSÖKNINGEN

I enkätundersökningen till nätbolag blev 38 elnätsbolag tillfrågade, varav 26 (68%) svarade. Av de svarande representerar 25 lokalnät och 1 regionnät. Omkring hälften anger att deras nät består av en blandning av både stadsnät och landsbygd. Antalet anslutna kunder varierar mellan omkring 2000 upp till 1 miljon. Ur ett geografiskt perspektiv fördelar sig de svarande förhållandevis jämnt inom områdena Götaland, Svealand och Norrland. Vissa frågor medgav att flera svarsalternativ kunde väljas.

Den generella tidsplanen för nätförstärkning inom både lokal- och regionnät sträcker sig 2–10 år framåt i tiden, men med tonvikt på det längre tidsperspektivet för regionnät. Dessutom anger några respondenter att det finns mer översiktliga planer som sträcker sig längre fram i tiden än 10 år, om det rör sig om större ombyggnationer. En kommentar som också förekommer är att det i dagsläget inte är möjligt att förstärka nätet utan att det finns ett konkret behov, eftersom nätförstärkningarna inte kan baseras på spekulationer. Det blir onödigt stora investeringar att göra nätförstärkningar som sedan inte nyttjas på grund av att nyanslutningarna hamnar på någon annan plats i nätet, som då kräver ytterligare förstärkningar. Detta tillvägagångssätt skiljer sig åt mellan nätbolagen, vissa har en uttalad strategi att överdimensionera, vilket kan bero av storleken på nätbolaget, samt vilken typ av nät de har.

7.1.1 Kartläggning av dagens nätinфраstruktur

Den förväntade storskaliga elektrifieringen av fordonsflottan innebär på många platser en stor utmaning för den befintliga elinfrastrukturen. Av de svarande anger drygt 40% att ytterligare nätförstärkningar utöver de planerade behövs för att tillgodose den prognosticerade utvecklingen av antalet laddbara fordon, se Figur 7. Detta är inte förvånande med tanke på att elektrifieringseran precis är påbörjad, samt av svaren att utläsa börjar stora delar av elnätet bli gammalt och otillräckligt. Det påpekas att behov av reinvesteringar i lågspänningsnätet kan behöva tidigareläggas för att tillgodose behovet av hemmaladdning, men även för laddning av tyngre fordon i exempelvis industriområden.



Figur 7. Bedömning av befintlig nätkapacitet.

Gällande stationer för snabbladdning kan dessa kräva ytterligare nätförstärkningar utöver planerade förstärkningar av befintligt nät. Ansamling av snabbladdning längs exempelvis E4an och andra större trafikerade vägar innebär stor lokal påverkan på elnätet. I det lokala 10 kV nätet kan det uppstå problem med att hantera laddeffekter över 1 MW per laddplats. Laddning med högre effektuttag kan därför kräva anslutning på regionnätetsnivå. För snabbladdning av personbilar med en effekt på 150 kW eller laddning av tyngre fordon med en effekt på 800–1000 kW ser nätbolagen därför ett behov av att förstärka både mellanspänningsnätet och mottagande stationer. Fyra nätbolag anger att det finns begränsningar i överliggande nät som bromsar eller förhindrar ökad elektrifiering i underliggande lågspänningsnät.

Det finns inget entydigt eller generellt svar om att det råder kapacitetsbrist inom vissa typer av områden i elnätet. Några respondenter anger att det är i glesbygden eller i utkanten av städerna som risken för kapacitetsbrist är störst, eftersom elnätet på landsbygden ofta är klenare. Andra anger att kapacitetsbrist kan uppstå i områden där större exploateringar sker, i form av exempelvis nya bostadsområden och köpcentrum, men även i befintliga stadskärnor. Det finns även stora skillnader mellan tillgänglig effekt i befintliga bostadsområden. Nyare bostadsområden som är 20 år eller yngre har generellt högre tillgänglig kapacitet jämfört med bostadsområden som är 40 år eller äldre, men det inte alla svarande som anger att det är på detta sätt. Villaområden med eluppvärmning har exempelvis ofta högre tillgänglig kapacitet jämfört med områden med fjärrvärme där elnätet är

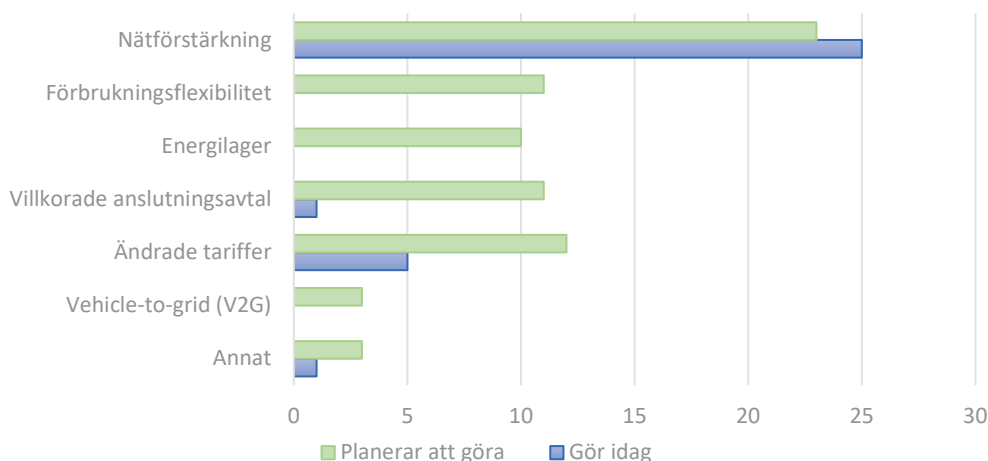
dimensionerat för lägre effekt. Det finns en förhoppning hos nätbolagen att marknader för efterfrågefleksibilitet, som i dagsläget befinner sig på pilotstadiet, ska hjälpa till att hantera kapacitetsbristen samtidigt som de uppger att de inte med säkerhet kan förlita sig på flexibilitet.

Vid dimensionering av elnät görs antagandet att alla kunder inte nyttjar hela sin maximala abonnerade effekt samtidigt, varpå den sammanlagrade belastningen i elnätet blir lägre jämfört med summan av abonnerade effekter. Om effektvakter och lastbalansering tillämpas för att bättre kunna nyttja hela den abonnerade effekten vid laddning av elfordon kommer den sammanlagrade belastningen att närma sig maximal effekt. Denna utveckling är en uttalad oro eftersom det kan resultera i att omfattande reinvesteringar av lågspänningsnätet krävs i närtid.

7.1.2 Nätbolagens strategier för att motverka kapacitetsbrist

Majoriteten av nätbolagen (25 av 26 svarande) har angivit att nätförstärkningar bedöms vara den främsta insatsen för att motverka kapacitetsbrist. Några (5 av 26 svarande) använder sig även av exempelvis effekttariffer för att främja ett önskat beteende hos kunder, dvs. så att uttagen minskar vid hög belastning i elnätet. Däremot planerar många nätbolag (11 av 26 svarande), trots ovan nämnda oro, att de ska nyttja olika flexibilitetsresurser för att anpassa förbrukningen, exempelvis energilager, villkorade anslutningsavtal och ändrade nättariffer för att hantera kapacitetsbristen. Tre nätbolag anger att de planerar att införa funktioner för vehicle-to-grid. En sammanställning av svaren finns i Figur 8.

Ett stort antal elektrifierade fordon medför en potentiell flexibilitetsresurs, men det är en utmaning att nyttja den på rätt sätt så att stöttningen av elnätet blir så stor som möjligt. En följd av detta blir att effektlödet i nätet kan börja gå åt andra håll än vad som initialt var tanken, vilket påverkar skyddsinställningar och skyddsfunktioner. Batterier bidrar inte heller till kortslutningseffekt vilket försvagar elnätet vid händelse av ett fel.



Figur 8. Verktyg som elnätsbolag använder eller planerar att använda för att hantera kapacitetsbristen.

7.1.3 Analysmetoder

Många av nätbolagen anger att det finns stora osäkerheter gällande de nya lasternas placering och storlek, samt hur laddning av elfordon kommer att påverka den befintliga lastprofilen över dygnet. Detta påverkar i sin tur vilken sammanlagd effekt elnätet ska dimensioneras för. På grund av stora osäkerheter finns det en önskan att nya lastprofiler för villor, flerbostadshus, kontor och publika laddplatser tas fram gemensamt inom branschen, samt att dessa även valideras mot verkligt utfall för motsvarande områden med större andel laddinfrastruktur installerad. Omkring en tredjedel av respondenterna anger dock att de redan tillämpar lastmönster som tar hänsyn till elektrifieringen av transportsektorn vid nätanalyser. Om större förbrukare kan ange en förväntad lastprofil vid sin ansökan om nyanslutning eller utökat abonnemang skulle det ge bättre förutsättningar för nätbolagen att dimensionera nätet. För att underlätta analysarbetet önskar många nätbolag även få prognoser och övergripande planer om var elinfrastruktur förväntas anslutas, framför allt om det är större laddstationer med högre effekt som planeras. Respondenterna föreslår att det förs en samordnad dialog med kommun, region, lokal- och regionnäsägare samt laddoperatörer för att tillsammans ta fram en gemensam och långsiktig plan för elektrifieringen av fordonsflottan. Dialogen med privatpersoner är också otillräcklig anser flera nätbolag. Det finns exempelvis inget krav att privatpersoner ska anmäla eller på annat sätt informera nätägaren att de kommer installera laddinfrastruktur. Därför har nätbolagen svårt att få en uppfattning om hur mycket laddinfrastruktur som finns i deras nät, vilket man behöver för att kunna göra en bedömning av hur det påverkar elnätet och det framtida behovet av åtgärder. Inom bostadsområden där många kunder installerar laddinfrastruktur kan påverkan på det lokala elnätet bli stort och sannolikt märks detta i först efterhand när elförbrukningen förändras.

Som ett resultat av många osäkerheter och faktorer kring de befintliga nätanalyserna svarar ungefär hälften av nätbolagen att de i viss mån överdimensionerar nätet vid planering av förstärkningar eller vid nyanslutningar. Dessutom svarar omkring hälften av nätbolagen att de jobbar proaktivt för att kartlägga framtida planerade laddprojekt och en fjärdedel anger att de använder nya riktlinjer för dimensionering av nät för att främja elektrifieringen av transportfordon.

Ett led i att anpassa och förbättra analysmetoderna och dimensioneringsarbetet är att samla in mer mätdata från elnätet. Flera nätbolag anger att de saknar timvärden, men även realtidsdata för effekt och spänning i lågspänningsnätet. Genom den pågående uppgraderingen av elmätare hos respektive kund är ambitionen att detta kan bidra med ökad information om elnätet. Mätning i stationer och kabelskåp saknas ofta, vilket skulle kunna ge kompletterande information till mätningen hos kunder.

7.1.4 Nätbolagens utmaningar

En av de mest uppenbara utmaningarna med en storskalig elektrifiering av fordonsflottan är kapacitetsbristen och de omfattande nätförstärkningar som det kräver. Några nätbolag befarar att nätförstärkningarna behöver göras på många

platser i nätet inom en kort tidsperiod och att det därför kan bli problem med att hinna med att genomföra alla reinvesteringar i tid. I sammanhanget nämns även långa ledtider för linjekoncession som problematiskt. Omfattande nätförstärkningar innebär tillika omfattande investeringar som, speciellt för mindre nätbolag, kan vara problematiska att klara av både ekonomiskt och resursmässigt. Det påtalas dessutom att det på vissa platser råder platsbrist, vilket innebär att det i städerna kan bli svårt att få plats med nya nätstationer samt fler och grövre kablar. Därutöver sker det en ständig förtätning av städerna i form av fler bostadshus med tillhörande service i form av exempelvis transportmöjligheter och köpcentrum som även kräver ytterligare utrymme. En av följderna om nätutbyggnaden inte görs i takt med efterfrågan är att ledtiden till anslutning ökar, vilket kan leda till att en elektrifiering av fordonsflottan fördröjs.

Majoriteten av de svarande anger att elektrifiering av tung trafik, exempelvis lastbilar och bussar, kommer att utgöra större utmaningar än elektrifiering av personbilar. Det beror helt enkelt på att tung trafik kommer att behöva högre laddeffekt. Det kan medföra omfattande nätförstärkningar, vilket i sin tur kan innebära längre anslutningstider. Det finns även en farhåga att många förfrågningar om laddstationer med högre effekt inkommer under en kort tidsperiod, vilket ytterligare ökar svårigheten att tillhandahålla tillräcklig mängd effekt i tid. Några nätägare anger dock att elektrifieringen av bussar förmodligen kommer att vara lättare att hantera jämfört med lastbilar, eftersom bussar inte har lika pressat körschema som lastbilar och att bussar därför kan laddas vid depåer under nätterna med lägre effekt.

Alla nätbolag anger emellertid inte att elektrifiering av tung trafik är mer utmanande än elektrifiering av personbilar. Några anser att personbilar kommer att utgöra den största utmaningen eftersom personbilar är fler till antalet och många anslutningar kommer ske i lågspänningsnätet som på vissa platser är dåligt rustat för ökat effektuttag. Om sammanlagringen i lågspänningsnätet dessutom närmar sig maximal abonnerad effekt krävs ytterligare nätförstärkningar.

I samband med exempelvis sport- och påsklov, sommarsemestern eller andra perioder på året då belastningen längs vissa vägsträckor ökar kommer behovet av laddning på vissa specifika platser i nätet att öka markant. Det innebär att vissa nätbolag behöver dimensionera nätinfrastrukturen utifrån en maximal belastning som endast sker under några få veckor per år, vilket är både kostsamt och ett ineffektivt nyttjande av nätkapacitet och resurser.

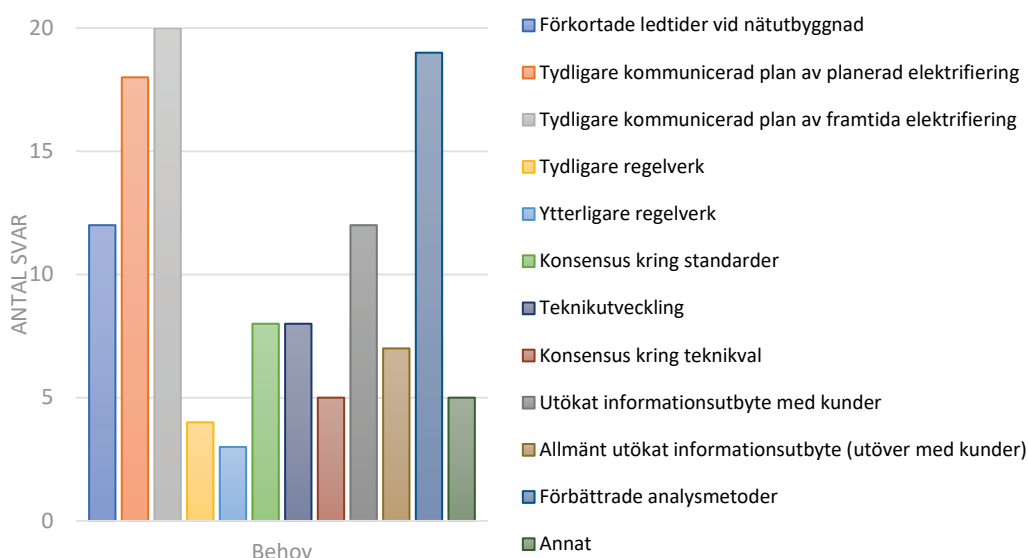
7.1.5 Nätbolagens behov

På frågan vad nätbolagen behöver för att underlätta eller möjliggöra en storskalig elektrifiering av fordonssektorn svarar majoriteten (20 av 26 svarande) att det behöver kommuniceras en tydligare plan för i närtid planerad, samt framtida förväntad elektrifiering. Förbättrade nätanalysmetoder (19 av 26 svarande) följt av förkortade ledtider vid nätutbyggnad (12 av 26 svarande) samt utökad informationsutbyte med kunder (12 av 26 svarande) är också insatser som de flesta anser främjar arbetet. När de svarande uppmanas att rangordna de olika behoven prioriteras ovan nämnda behov högt, men även betydelsen att skapa konsensus kring standarder anges som en viktig aktivitet, främst gällande flexibilitetstjänster,

styrning och teknikval. Detta anges kunna hjälpa nätägarna att gå från teoretisk förståelse till handling.

Den samlade statistiken för alla listade behov finns i Figur 9. Alla de givna behoven får medhåll från åtminstone tre svarande samtidigt som flera olika behov väljs utav många svarande, vilket kan tolkas som att det inte finns en entydig lösning på hur en storskalig elektrifiering kan främjas eller underlättas ur nätägarnas perspektiv. Det behövs alltså flera förändringar och förtydliganden inom flera delar av området.

Utöver de listade behoven i Figur 9 anger nätbolagen några kompletterade behov. Bland annat efterfrågas en bättre dialog med kunder som planerar att ansluta en större mängd effekt och som samtidigt har olika geografiska alternativ för sin anslutning. Det är sannolikt att det är lättare att göra anslutningen på vissa platser i nätet och att det därför finns en önskan från nätbolagen att kunna vara med och styra valet av anslutningspunkt. Vidare efterfrågas det mer acceptans för batterilager i anslutning till laddstationer, främst i svagare nät. Detta för att kunna ladda med högre effekt, och i de fall batteriet är tomt kan laddeffekten begränsas. Det finns även en önskan om att olika flexibilitetstjänster ska förenas vid all typ av laddning och inte utgöra ett funktionstillägg.



Figur 9. Nätbolagens behov för att främja elektrifieringen av transportsektorn.

7.1.6 Elkvalitet

I dagsläget observeras ingen omfattande försämring av elkvaliteten på grund av laddning av elfordon, vilket skulle kunna förklaras av att antalet laddplatser än så länge är förhållandevis litet. Av de problem som ändå uppmärksammas är försämrad spänningsskvalitet i form av spänningssänkning och ojämn belastning av faser de vanligaste. En svarande anger att övertoner och flicker till följd av laddning av elfordon förekommer. För att lösa problemen med försämrad elkvalitet görs nätförstärkningar och i något fall uppmanas kunden att balansera lasten så att symmetri erhålls. Problem med elkvalitet, främst spänningsvariationer

och obalans mellan faserna, anges bland de utmaningar som nätbolagen ser vid en storskalig elektrifiering. Snabbladdning ger upphov till höga effekttoppar som i ett svagare nät kan medföra ytterligare risk för försämrade elkvalitet i form av spänningsvariationer.

7.1.7 Utbyggnad av laddinfrastruktur

Elnätsbolagen vill arbeta aktivt för att främja en storskalig elektrifiering av transportsektorn. I dagsläget är det dock inte tillåtet att nätbolag installerar och äger egna laddstationer, men det finns flera exempel på att det inom respektive koncern installeras laddinfrastruktur och att det mot kunderna marknadsförs och säljs produkter för att ladda fordon. Kunderna efterfrågar stöd av nätbolagen gällande val av laddinfrastruktur och flera av nätbolagen säger att det finns flera potentiella affärsmöjligheter inom området.

Många nätbolag nämner att de skulle vilja vara mer delaktiga i den inledande processen av projekteringen och föra en tidig dialog med kommuner, näringsliv och regioner vid planering av större projekt för laddinfrastruktur. På så sätt skulle nätbolagen 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.

7.2 ANDRA AKTÖRERS SVAR PÅ ENKÄTUNDERSÖKNINGEN

Som ett komplement till enkäten för nätbolag skickades en enkät till ett flertal kommuner, regioner, energikontor, leverantörer av laddinfrastruktur och branschorganisationer. Enkäten skickades till 28 aktörer, varav nio (32%) svarade. Av de som svarade har dock inte alla heller svarat på alla frågor, några frågor har endast sex svarande. Orsaken till detta är att alla frågor inte adresserar alla olika typer av aktörer som besvarat enkäten. På grund av det låga antalet svarande kan svaren vara icke representativa för dessa typer av organisationer. Vissa frågor medgav att flera svarsalternativ kunde väljas.

Majoriteten av respondenterna anger att de vill ta en aktiv eller stor roll i utbyggnaden av laddinfrastruktur i Sverige. Insatserna varierar från att planera och vara ett stöd gällande strategier för fordonsladdning, till att utveckla, tillverka, sälja och/eller installera laddinfrastruktur både för snabb och långsammare laddning. En region säger att deras vision och målsättning är att vara en aktiv aktör och främja elektrifieringen av fordon, men att samverkans-, organisations och affärsmodeller för en storskalig elektrifiering av transportsektorn saknas.

Flera av de svarande är dock redan stora aktörer inom området. Bland annat är en respondent en av grundarna för Elektrifieringspakten, vilket är ett samarbete mellan Stockholms stad samt offentliga och privata aktörer som vill bidra till att påskynda elektrifieringen av transportsektorn i huvudstadsregionen. Vidare är en av de svarande partner i samlingsbolaget IONITY som verkar för att främja ett nätverk av snabbladdare längs vägarna.

7.2.1 Deltagande i projekt för att främja elektrifieringen

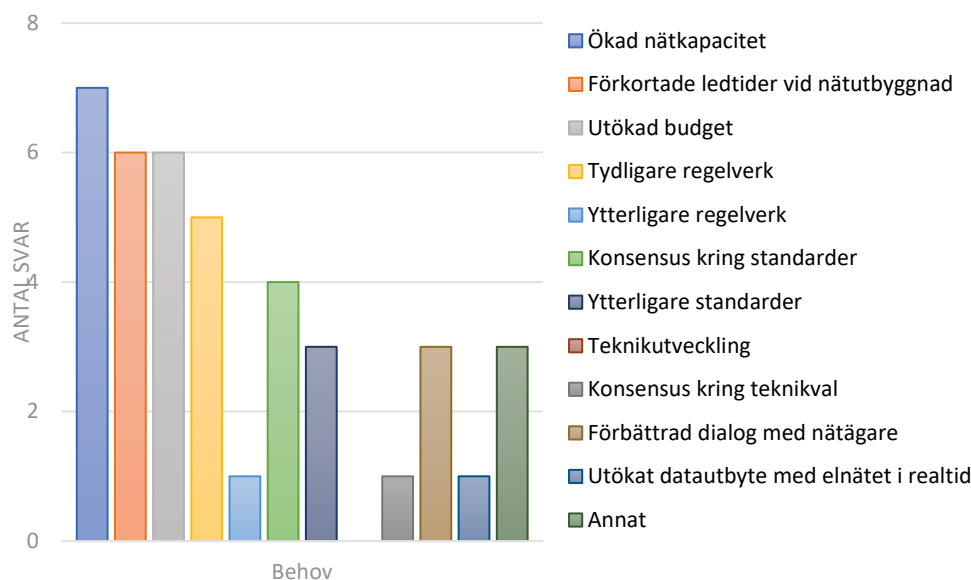
Det genomförs många interna projekt kopplat till laddinfrastruktur inom respektive organisation. Under våren 2022 genomför Energikontor Norr och Norrbottens Handelskammare en förstudie som ska ge svar på frågan hur Norrbotten kan förbereda sig och möjliggöra de disruptiva förändringarna som krävs för att transportsektorn, och specifikt tunga transporter, ska kunna nå klimatmålen till 2030. Miljöförvaltningen i Stockholms stad deltar i ett projekt för V2G med syftet att utvärdera hur det skulle fungera i praktiken.

Region Gotland/Energicentrum deltar under januari 2022 till oktober 2023 i det nationella projektet "Plattform och utveckling av regional ladd- och drivmedelsinfrastruktur". Projektets mål är att ta fram en ny digital plattform som samlat ska visa upp var och när laddstationer och tankställen för fossilfria drivmedel ska byggas ut. Förhoppningen är att fler företag och hushåll ska våga investera i el- och biodrivna fordon genom att synliggöra utbyggnaden i olika regioner.

Andra exempel på projekt som har genomförts eller pågår är införande av elbussar i kollektivtrafiken, samarbete med lokalt energibolag för att etablera privata och publika laddplatser, etablera intresseanmälan för nya laddplatser, framtagande av riktlinjer, strategier för laddning i befintliga fastigheter och vid nybyggnation, installation av laddplatser vid arbetsplatser, samt utveckling av systemstöd för elektrifiering av tunga transporter.

7.2.2 Behov för att främja elektrifieringen

Många av de svarande (7 av 9 svarande) anger att ökad nätkapacitet skulle främja arbetet för en storskalig elektrifiering, men även förkortade ledtider vid nätutbyggnad (6 av 9 svarande) samt utökad budget (6 av 9 svarande) behövs. Tydligare regelverk (5 av 9 svarande) och konsensus kring standarder (4 av 9 svarande) anses också vara behövligt för att främja utvecklingen. Den samlade statistiken för alla listade behov finns i Figur 10. Flera av behoven får medhåll från åtminstone tre svarande. I likhet med nätbolagens angivna behov kan det därför tolkas som att det inte finns en entydig lösning på hur en storskalig elektrifiering kan främjas. Det behövs således flera kompletteringar, förändringar och förtydliganden inom området för att främja en elektrifiering av fordonsflottan. Svarsalternativet *Teknikutveckling* anges däremot inte utgöra ett behov för någon av de svarande.



Figur 10. Angivna behov för att främja elektrifieringen av fordonsflottan.

Under svarsalternativet *Annat* nämns förkortade ledtider hos framför allt de större nätbolagen. Främst är det handläggningstid av ärenden och projektering av anslutningar som nämns. Det efterfrågas även en enklare process och tydligare regelverk för flerfamiljshus och samfälligheter att installera laddinfrastruktur vid bostäder.

Förutom behoven som listas i Figur 10 är det viktigt att installation av laddinfrastruktur går 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 tas fram.

När de svarande rangordnar sina behov är det flera som nämner behovet av utökad budget, bland annat för att kunna anställa fler som aktivt kan driva arbetet framåt. Utökad nätkapacitet och förkortade tider för handläggning av anslutningsärenden hos nätägaren är också behov som rangordnas högt, följt av tydligare regelverk och konsensus kring teknikval och standarder. Två av de svarande har stort behov av förbättrad dialog med nätägare, vilket går i linje med flera nätägars behov av förbättrad dialog med sina kunder.

Även om ingen respondent angav ett behov av teknikutveckling i Figur 10 ovan uttalas en önskan att en utveckling av laddstationer behöver ske för att främja en storskalig elektrifiering av transportsektorn. Önskemål som nämns är utveckling av den smarta styrningen, så att den blir ännu smidigare och bland annat kan hanteras på distans, samt enklare betalning med kreditkort. Det anses även behöva etableras en standardisering gällande placering av laddkontakten på fordonet.

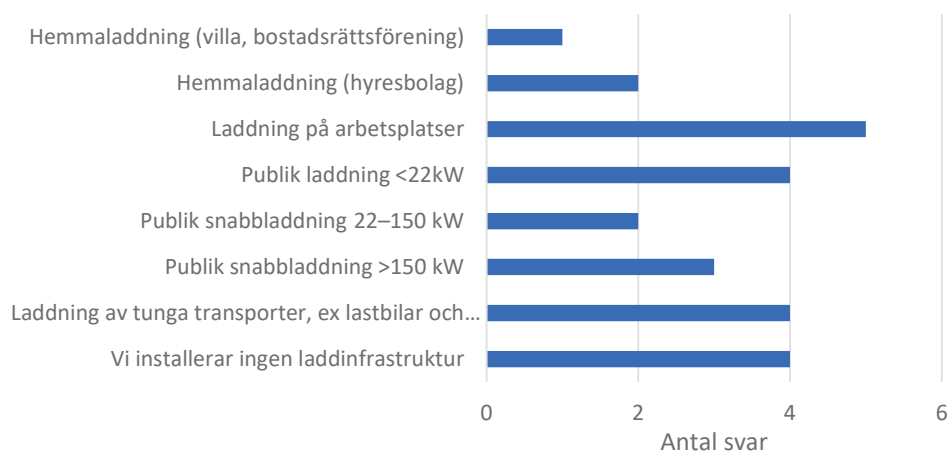
Det uppkommer inget entydigt svar om det finns ett behov av att samla in ytterligare data eller information från nätägare och/eller kunder. Omkring hälften av de svarande anger dock att ytterligare information behövs och det specifika

behovet av information som efterfrågas är enat. Det efterfrågas funktion för att mäta effektuttag ner på kvartersnivå på konkreta utpekade punkter i nätet, alltså vilken tillgänglig effekt som finns, inklusive med detaljerad placering i elnätet. Det behövs även ett klargörande vart elbilsägarna finns och således vart laddstationer behöver finnas tillgängliga.

7.2.3 Installation av laddinfrastruktur

Det är en bred spridning mellan vilken typ av laddinfrastruktur som installeras. Bland de svarande är installationer för laddning på arbetsplatsen vanligast, följt av publik laddning <22 kW och laddning för tunga transporter. Fyra av de svarande anger att de inte installerar någon laddinfrastruktur, vilket innebär att resultat av denna fråga kanske inte representerar trenden i samhället. Den samlade statistiken från enkäten för nyinstallation av laddinfrastruktur finns i Figur 11. Några av de svarande säger att de kan se en trend att laddeffekten ökar för publika DC-laddare, att antalet laddstationer för tyngre fordon ökar samt att hemmaladdning blir allt vanligare. En utmaning är att tillse att nyttjandegraden av laddstationerna är så hög som möjligt. Ett förslag är att personbilar även ska kunna nyttja DC-laddare för tung trafik.

Fyra av fem svarande anger att de vid installation av laddinfrastruktur tar höjd för att kunna utöka antalet laddplatser på samma plats i framtiden. Det sker bland annat genom att dimensionera för extra kapacitet i elcentraler, lägga ner rör i marken för framtida kabeldragning eller att överdimensionera kablagen. Vidare nämns att man väljer ett skalbart system där det är smidigt att installera fler laddare efter hand, samt att lastbalansering installeras och tillser att fastigheten har en högre säkring än vad som nyttjas i dagsläget. Därutöver förekommer det även att det installeras fler laddplatser än vad behovet är idag. En viktig insats för att dimensionera laddinfrastrukturen så tillräckligt och brukbart som möjligt är också att ge rekommendationer och vägledning till befintliga och potentiella kunder.

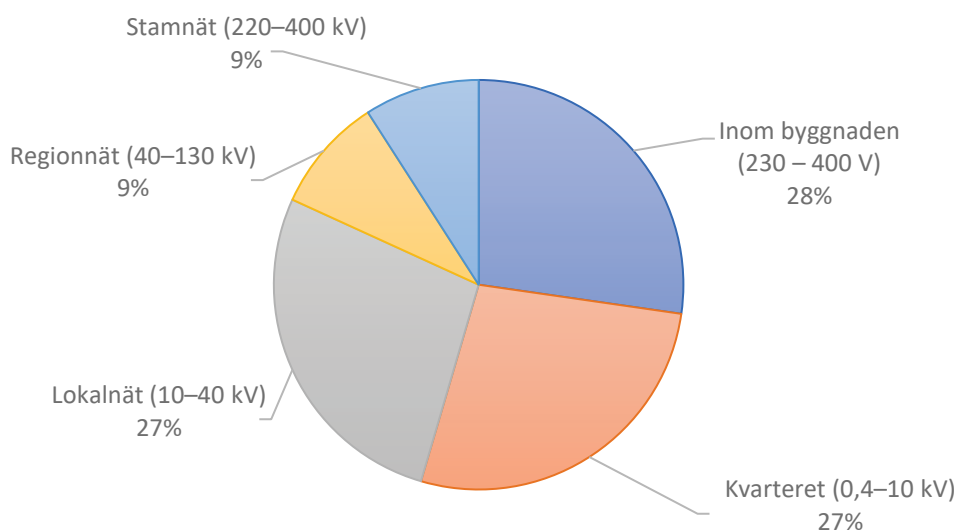


Figur 11. Förekomst av nyinstallation för olika sorters laddinfrastruktur av totalt nio svarande.

7.2.4 Nätbegränsningar

Det uppstår förhållandevis ofta begränsningar i elnätet när ny laddinfrastruktur ska anslutas. Av tio nyanslutningar anger fem av sju svarande att begränsningar uppstår vid minst hälften av tillfällena, där en av dessa fem svarar att begränsningar uppstår nio av tio gånger vid nyanslutning. Resterande två svarande anger att de inte har någon uppfattning.

På frågan om vart nätbegränsningarna uppstår svarade majoriteten att de uppstår i byggnaden (230–400 V), på kvartersnivå (0,4–10 kV) och/eller inom lokalnätet (10–40 kV). Fördelningen mellan de tre alternativen är omkring tre svarande (27%) för respektive område. De svarande hade möjlighet att välja fler svarsalternativ. Underlaget är dock för litet för att bedöma om begränsningarna oftare sker inom något av de tre områdena. Det nämns även att det kan uppstå begränsningar i regionnätet och/eller på stamnätsnivå, en sammanfattande bild av bedömningen finns i Figur 12.



Figur 12. Förekomst av nätbegränsningar.

De svarande upplever att det finns en skillnad gällande tillgänglig kapacitet inom exempelvis stads kärna, bostadsområden och vid större allmänna platser. De områden som upplevs vara extra problematiska är bostadsområden som är byggda på 50- och 60-talet, vissa delar av stads kärnan i större städer, områden med flerfamiljsbostäder samt glesbygden. Däremot upplever inte någon enskild aktör kapacitetsbrist inom alla dess områden, utan det är en samlad bild från alla svarande aktörer.

Det varierar hur ofta villkorade anslutningsavtal tillämpas. Två av de svarande anger att detta nyttjas vid varje ansökan eller näst intill varje ansökan om nyanslutning, medan två av de svarande anger att det endast sker en till tre gånger

av tio nyanslutningar. Villkorade anslutningar resulterar i många fall att projekten blir dyrare än beräknat, vilket ibland resulterar i att projekten inte genomförs.

7.2.5 Utmaningar

Den påtalade bristen av tillräcklig nätkapacitet nämns ofta som en av de största utmaningarna för en storskalig elektrifiering av transportsektorn, men det finns andra stora utmaningar kopplade till elektrifieringen som inte berör nätkapaciteten. Bland annat nämns behovet av affärsmodeller och det dåliga marknadsunderlaget i glesbygden, vilket gör att det inte är lönsamt att investera i laddinfrastruktur på alla platser. Investeringskostnaden för att bygga laddinfrastruktur ses även som en stor utmaning.

Det är nödvändigt att skapa goda förutsättningar för snabbladdning så att det ska vara smidigt att köra längre sträckor med sitt elektriska fordon utan att batteriets lagringskapacitet behöver vara stort. Det finns en tydlig oro att utbyggnaden av laddinfrastruktur inte ska hålla samma takt som utvecklingen av antalet laddbara fordon på marknaden. Risken är då stor att det uppstår köer vid laddstationerna. Vidare är det svårt att göra en bedömning av det förväntade beteendet och behovet kring laddning och därmed göra en plan för var laddstationerna bör placeras samt hur stort antal som behövs. En följd av detta kan innebära att laddmöjligheter inte finns tillgängligt i närheten och att det därmed krävs en promenad till och från laddstationen, vilket kan fördröja utvecklingen av antalet laddbara fordon på vägarna. Att installera stor mängd laddinfrastruktur innan det finns en omfattande efterfrågan utgör en stor kostnad och sett ur en enskild aktörs perspektiv är det i dagsläget osäkert när installationen blir lönsam.

Utöver ovanstående utmaningar nämns brist på specifika komponenter i elsystemet som behövs för utbyggnad. Exempelvis är transformatorer en bristvara vilket riskerar att orsaka långa ledtider inom flera områden, även kompetensbristen påtalas. Det är även en stor utmaning att organisera och skapa möjlighet till samverkan mellan alla aktörer för att främja elektrifieringen av transportfordon. Omkring hälften av de svarande säger att de kontinuerligt meddelar nätägaren om planerna för kommande nyinstallation av laddinfrastruktur. Av svaren från nätägarna kan det utläsas att de vill förbättra dialogen med sina kunder för att öka möjligheterna att jobba proaktivt med nätutbyggnaden.

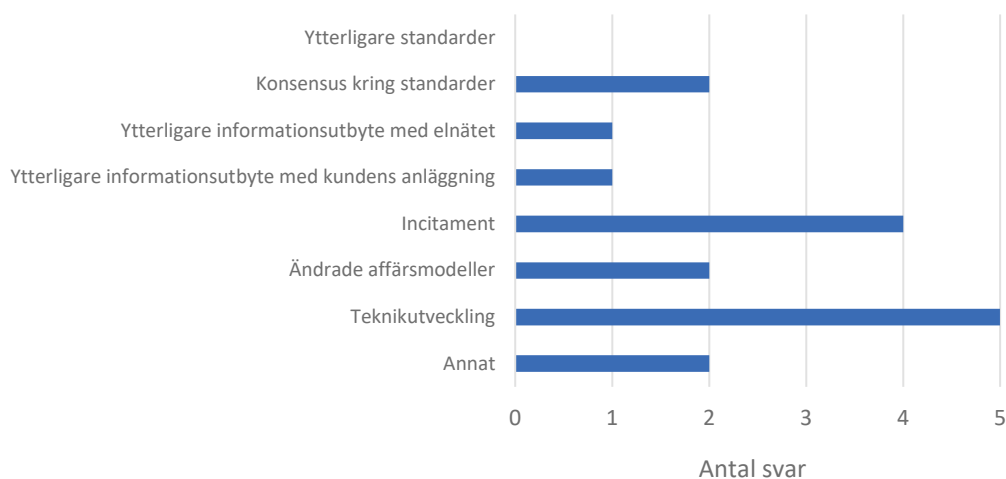
Gällande elektrifieringen av tyngre trafik, så som lastbilar och lokaltrafik, anser de svarande att det medför större utmaningar jämfört med elektrifiering av personbilar. Delvis för att elektrifieringen av lastbilar inte har kommit lika långt i utvecklingen men även för att dessa laddstationer kräver högre effekt, vilket är en flaskhals på många platser. Motsvarande utmaning med effektproblemetiken kan även ses för DC-laddstationer med högre effekt för personbilar. Det är helt enkelt svårare att etablera laddstationer med högre laddeffekt, vilket stämmer väl överens med svaren från nätbolagen. Även platsbristen påtalas som ett problem, där större fordon kräver större laddstationer till ytan.

7.2.6 Vehicle-to-grid

Frågorna om V2G besvarades inte av alla svarande. Två av sex svarande kan erbjuda tjänsten V2G till sina kunder. Utöver det säger en av dem att tjänsten kommer kunna erbjudas senare under 2022. Att så få svarar att de erbjuder V2G kan bero på att flera av de svarande inte jobbar med att utveckla, sälja eller installera laddinfrastruktur. Men även om det är långt ifrån alla laddboxar som kan erbjuda denna tjänst i dagsläget återspeglar förmodligen resultatet av denna fråga den pågående teknikutvecklingen av laddboxar. Antalet laddboxar som stödjer denna funktion har ökat under det senaste året och förväntas fortsätta öka framöver.

De viktigaste faktorerna för att fler aktörer ska kunna erbjuda möjligheten till V2G är teknikutveckling, både för laddstationer och fordon samt tydligare incitament till att satsa på tekniken och ändrade affärsmodeller, däribland högre ersättning till deltagarna. I dagsläget är det få bilmodeller som har tekniskt stöd för detta, vilket gör att kundunderlaget i dagsläget är lågt. Det påpekas också att juridiken kring V2G behöver förtydligas och att ytterligare informationsutbyte med elnätet behöver komma på plats för att göra det möjligt i stor skala. Alla är dock eniga om att det inte finns behov av ytterligare standarder. Se Figur 13 för den samlade svarsfrekvensen för alla svarsalternativen.

Frågor som också nämns i samband med V2G är hur fordonets batteriprestanda påverkas av ytterligare i- och urladdningar. Den frågan behöver utredas ytterligare. Vilka laddstationer som bör utrustas med tjänsten är också en fråga som behöver analyseras. En åsikt är att V2G endast lämpar sig för laddstationer hemmavid där bilen oftast står parkerad en längre tid och inte för publika laddstationer vid exempelvis köpcentrum.



Figur 13. Behov av att främja V2G.

8 Intervjustudie

Som ett komplement till den enkätstudie som genomfördes inom ramen för projektet har en intervjustudie genomförts med företrädare för ca 20 elnätsbolag, främst ansvariga för lokalnät men även ett par som har regionnät, verksamma från norr till söder av olika storlekar. Avsikten är främst att försöka fånga de kvalitativa aspekterna i elnätbolagens syn på elektrifieringen av fordonsflottan för att få en djupare förståelse för deras perspektiv på utvecklingen. Intervjustudien utfördes på ett semistrukturerat vis där respondenterna inledningsvis fick berätta spontant om sin syn på elektrifieringen av fordonsflottan. Därefter ställdes ett antal öppna frågor inom ett antal områden som i stort framgår av rubrikerna nedan. Av denna anledning kan vissa aspekter återkomma flera gånger, men det beror alltså på att respondenterna nämnt dessa spontant och sedan att man återkommit till dem för att de anses som särskilt viktiga.

8.1 ELNÄTSFÖRETAGENS SYN PÅ ELEKTRIFIERINGEN AV FORDONSFLOTTAN

Samtliga respondenter anser att elektrifieringen av fordonsflottan är en väldigt viktig fråga där elnätsbolagen vill vara med och bidra till att finna bra lösningar, så att alla som vill ska kunna ansluta till elnätet. Elnätsbolagen uttrycker att de vill ta en aktiv roll i att bidra till energiomställningen, dvs. att vara en möjliggörare och absolut inte ett hinder. De flesta respondenter känner dock en viss oro att utvecklingen (elektrifieringen) kommer att gå snabbt och att det därmed finns en risk att de inte kommer att hinna med att förstärka och bygga ut elnäten tillräckligt snabbt för att kunna tillgodose alla behov så snabbt som önskas. Detta problem förstärks av att man i vissa städer har en snabb generell elektrifiering inom andra områden. Detta gör att det kan bli svårt att hinna med alla nyanslutningar eftersom de krävs omfattande nybyggnation och förstärkningar av elnäten.

När det gäller elektrifieringen av fordonsflottan menar man att olika fordonsslag kommer att ha lite olika karakteristik. Exempelvis kommer personbilsutvecklingen smygande då det rör sig om väldigt många fordon där elnätsbolagen inte får någon information från kunderna i förväg, utan i stället får de förlita sig på information från mätdata efter att kunderna börjar använda sina elbilar. För tunga fordon (och andra stora aktörer) är det lättare ur detta perspektiv då man för en dialog med kunden innan de installerar laddutrustning. Å andra sidan ser man att tunga fordon behöver väldigt höga laddeffekter som kan kräva omfattande investeringar. De flesta anser att lastbilsflottan kommer att bli det största problemet då de har låg flexibilitet och inte kan ladda helt under nattetid, vilket gör att det behövs höga effekter under dagtid exempelvis då chaufförer har lunchpaus och behöver ladda sina fordon. Flera respondenter menar dock att det kan bli problem även på villagator om en hög andel av de boende skaffar elbil, särskilt om det ska finnas någon form av snabbladdning, då det finns områden med klen dimensionerade kablar. I nya områden finns det krav på att man ska ta höjd för utbyggnad av laddstationer, vilket underlättar i dessa områden. Det är svårare i befintliga områden, särskilt om de inte är dimensionerade för direktverkande eluppvärmning, eftersom dimensioneringen då är relativ klen.

Flera elnätsbolag anser att de behöver bli ännu tydligare i vad man själv ska ha för roll i förhållande till andra, och utifrån vad regelverket tillåter. Elnätsbolagen vill som sagt ta en aktiv roll i omställningen och för det behöver man veta vad som är på gång, samt vad man får göra ur ett regulatoriskt perspektiv. Respondenterna menar att man behöver få bättre förståelse för vad som kommer hända med lastprofilerna i framtiden med den elektrifiering som kommer. Flera nämner att den stora utmaningen generellt är att förstå elbehovet framåt, som kommer av den allmänna elektrifieringen där fordonsflottan endast är en del, om än en viktig sådan. Även hur kraven kommer att se ut och hur det påverkar nätbyggnadsprinciper, som redundans och dimensionering, är viktiga inspel för elnätsbolagen. Man menar att möjlighet för att få bättre förståelse för utvecklingen är att nyttja mer av den data som elnätsbolagen får in via sina mätare. Vissa nämner att idag förekommer en relativt stor sammanlagring i elnätet, men att man inte vet hur detta kommer att se ut i framtiden.

Flera respondenter upplever att det finns en stor mängd information om elfordon och laddning, men att den är fragmenterad och svår att ta till sig. Det elnätbolagen behöver är att se och förstå helheten. Man anser att det är bra om man kan skapa en samlad bild inom branschen för att förstå var problemen kommer att uppstå först i elnätet för att kunna prioritera insatser på ett bra sätt, då det krävs en helhetsbild för att kunna koordinera och skapa effektiva lösningar. I annat fall riskerar det genomföras onödigt mycket investeringar, vilket också fördröjer anslutningsmöjligheter.

8.2 HUR PROBLEMATISK KOMMER ELEKTRIFIERINGEN ATT BLI

När det gäller hur stor utmaning elektrifiering av fordonsflottan kommer att bli för elnätbolagen, skiljer sig bedömningen relativt mycket mellan de olika respondenterna. Det är några få som bedömer att det finns relativt mycket utrymme i deras nät och att det kan tillkomma en ganska stor mängd elfordon innan det behövs ytterligare nätinvesteringar. De flesta har dock inte samma marginaler och ser att man ganska snart kommer behöva göra extra investeringar, i såväl lokalnät som regionnät, om elektrifieringen fortsätter. Särskilt utmanande upplevs det för de som har många andra planer på elektrifiering i sitt nätområde, dvs. utöver en elektrifiering av fordonsflottan. Exempel på annan elektrifiering är industri (där de mest kända, HYBRIT och H2 Green Steel, nämns i norr), elektrifiering av hamnar och fartyg, serverhallar, samt företag som konverterar från gas till el pga. höga gaspriser²⁷.

En annan utmaning som nämndes av flera respondenter är utbyggnaden av solceller som också leder ett ökat behov av investeringar i elnätet. En orsak är att solceller inte alls ger samma möjlighet till sammanlagring som elanvändningen traditionellt sett har gjort, då de producerar i princip samtidigt. Ett annat skäl är att lokalnäten inte är byggd för att ta emot en så stor mängd lokal elproduktion. Man ser därmed att man kommer att behöva göra investeringar för att kunna ta emot mer lokal solel. Detta kan upplevas som ineffektivt då det inte är inmatning under sommartid som borde få styra kostnader för elnätet, utan snarare elbehovet. Här

²⁷ Gaspriserna började stiga kraftigt under slutet av 2021 och har sedan dess legat på en väldigt hög nivå, främst eftersom leveranserna från Ryssland till Europa har minskat kraftigt.

menar respondenterna att elfordon, och batterier generellt, kan utgöra en möjlighet då de kan användas som lokal lagringskälla i elnätet.

Många tror, som tidigare nämnts, att det blir svårt att hänga med i utvecklingen, dvs. att kunna ansluta alla elfordon och samtidigt hantera all övrig elektrifiering. Kärnan i problematiken är att takten på elektrifiering är oerhört hög på vissa platser, där en respondent uttrycker det som att *"det anslutningsbehov som normalt uppstår över 10 år kan nu ske inom loppet av ett år"*. När det gäller fordonsflottans elektrifiering är de flesta dock eniga om att lastbilar bedöms bli den största utmaningen, särskilt om man har mycket logistik på orten. Logistikbehovet är något som ökat senaste åren med allt fler nätbutiker där vissa orter blir logistikcentraler, och där dessa utmaningar förväntas bli störst. Det kan även uppstå utmaningar längs vägar som en stor andel av lastbilstrafiken för på när laddbehovet ökar stort, eftersom dessa områden kanske inte alls är dimensionerade för detta.

Utmaningen grundar sig som nämnts på att det är mycket som händer samtidigt. Den stora mängden förfrågningar utgör i sig en utmaning då många av förfrågningarna som måste utredas inte leder till någon anslutning. Detta beror på att aktörer kan fråga på möjlighet till anslutning på flera platser för samma ändamål. Den stora mängden förfrågningar tar också resurser för elnätsbolagen, vilket tar en hel del tid från annat arbete och dessutom ger dessa utredningar inte någon intäkt.

Vissa respondenter förutser att transporter kommer att bli den dominerande nya lasten i deras nät och därav behöver man bättre kunskap om när och var elektrifieringen av fordonssektorn kommer att ske, samt hur den nya förbrukningsprofilen kommer att se ut. Spannet i problematiken är dock stort. Vissa nämner att det inte är ett reellt problem nu, andra menar att man nyligen fått så många förfrågningar som aktualiserat frågan om att hitta lösningar snabbt, och ytterligare andra menar att man har relativt stora svårigheter att tillgodose kommande behov i närtid.

8.3 VAD BEDÖMER ELNÄTSBOLAGEN ÄR DE STÖRSTA UTMANINGARNA

Det finns flera stora utmaningar för elnätsbolagen kopplat till elektrifieringen av fordonsflottan som gör att elnäten kan bli en eventuell begränsning i elektrifieringen. I princip alla nämner långa ledtider för att få tillstånd som en avgörande del som kan få en utbyggnad att dra ut i tiden. Detta blir främst ett problem för regionnäten där man behöver linjekoncession. Inom ramen för områdeskoncessioner är detta mindre problematiskt. Det finns därför elnätsbolag som undersöker möjligheten att höja den allmänna spänningsnivån på sin områdeskoncession för att kunna snabba upp utbyggnaden och därmed förbättra anslutningsmöjligheterna. Det som är problematiskt inom områdeskoncessioner är utbyggnad i stadsmiljö där det är väldigt trångt och svårt att komma fram, vilket gör att processen blir lång av denna anledning.

Utöver ovanstående menar alla respondenter att det kommer uppstå brister i flera led som kan hämma takten för att hantera elektrifieringen. Exempelvis råder det brist på egna resurser för att genomföra investeringar där många menar att man

behöver mer personal inom flera områden, vilket avser såväl elnätsanalytiker som underhållspersonal och byggprojektledare. Det råder också brist på nya kompetenser som behövs för att få till stånd ökad förbrukningsflexibilitet. Det upplevs vara en stor utmaning att rekrytera personal och det påpekas att man i stor utsträckning rekryterar personal mellan olika elnätsbolag, vilket bara flyttar runt personalbristen när det i stället behövs nytt folk. Även om man redan har problem med att rekrytera tillräckligt med interna resurser förväntas denna problematik öka ytterligare framgent. Det behövs alltså utbildas flera samtidigt som man behöver tillföra personal från andra sektorer.

Det råder även brist på entreprenörer och material för att genomföra investeringar där man förutspår kommande svårigheter. Man har redan märkt att leveranstider blivit allt längre för exempelvis transformatorer, kabelavslut och skarvar. Någon respondent nämner också att deras kunder upplever kanske ännu större svårigheter att få tag i material och entreprenörer kopplat till elektrifieringsprojekt. Detta till följd av att leverantörer av komponenter och material prioriterar större kunder såsom elnätsföretagen och inte elnätsföretagens kunder.

Tidsaspekten framhävs alltså som avgörande då det är väldigt mycket som ska göras på kort tid då elektrifieringen går i rasande fart. Elnätsbolagen upplever att det är svårt att hinna med att förstärka och bygga ut med de resurser man har samt svårigheter med tillståndsprocesser mm. Då det handlar om att det kommer bli tidsmässigt svårt att hinna med behöver man hitta andra lösningar än traditionella investeringar som går snabbare att få på plats, tex genom att nyttja flexibilitet.

En utmaning är också att kapacitetsbrist i många fall bedöms uppstå endast ett fåtal timmar per år, samt att det kan variera mellan olika år. Detta är också en grund för att flexibilitet anses bli viktig för att hantera kapacitetsfrågan på ett effektivt sätt. Det handlar om att hitta lösningar där man kan skapa lönsamhet för involverade aktörer. Men det handlar också om att skapa förtroende för en sådan marknad, vilket bedöms bli en utmaning då behovet inträffar så sällan.

Det upplevs dock som att regler och föreskrifter är inte helt på plats eller inte är helt tydliga inom alla områden. Kopplat till förbrukningsflexibilitet upplevs det finnas en regulatorisk otydlighet i vad man får och inte får göra. Här uttrycker vissa att man önskar en ökad tydlighet från myndigheterna. Det råder också frågetecken hos en del nätbolag kring hur prissättningen ska se ut när det är olika förutsättningar i olika delar av elnätet.

8.4 VAR I NÄTET FÖRVÄNTAS PROBLEM FRÄMST UPPSTÅ

Var i elnätet och när begränsningar kan förväntas uppstå skiljer sig åt beroende på förutsättningarna i respektive lokal- och regionnät. Till att börja med skiljer det i hur nära i tid man förväntas få begränsningar i elnätet, som nämnts. Det finns de som har ett lågt utnyttjande av elnätet och menar att man kan öka antalet elfordon väsentligt innan man tror att någon kapacitetsbrist ska uppstå. Andra elnätsägare uppger i stället att risken för kapacitetsbrist är relativt nära förestående och att man har väldigt mycket att göra redan.

Orsaker till potentiell kapacitetsbrist och var i elnätet de kan inträffa skiljer sig också åt. Exempelvis om det finns många logistikföretag, om det är stor tillväxt av industri, eller om det förekommer stora turistflöden under delar av året (t ex fjällen på sportlovet) påverkar det var i elnätet kapacitetsbegränsningar uppstår och hur dess karakteristik ser ut. Även den historiska utbyggnaden har stor betydelse, tex om man byggt ett elnät som utgick från att man skulle ha direktverkande el och därefter fått annan uppvärmning som skapat utrymme i elnätet eller om man haft annan uppvärmning (fjärrvärme eller oljepannor) vid utbyggnaden och dimensionerat för endast hushållsel som gör att utrymmet är litet.

De som har hamnar menar att det pågår även diskussion om att elektrifiera dessa i hög utsträckning, vilket omfattar de flesta arbetsmaskiner i hamnen. Dessutom förekommer allt fler diskussioner om att elektrifiera färjetrafiken, vilket kan innebära att det behövs väldigt stora effekter för att tillgodose denna typ av laddning. En osäkerhet, som nämnts, i förhållande till allt detta är hur sammanlagring av all tillkommande elektrifiering kommer att se ut. Är sammanlagringen hög minskar storlek på utmaningarna väsentligt och vice versa. Respondenterna menar att man idag har för lite mätning i nätet för att ha full koll på utvecklingen, och därmed var och när kapacitetsproblem kommer att uppstå. Flera företrädare anser därför att det finns ett behov av att få ökad kunskap om hur laddprofiler kommer att se ut, samt generell kunskap om hur kundernas beteende i elnätet kommer att se ut i framtiden för att bättre förstå var i elnäten kapacitetsbrist uppstår och hur man bästa avhjälper denna.

Även om det finns skillnader och en del osäkerhet om hur elbehovet kommer att förändras är respondenterna dock överens om en hel del. De flesta nämner som sagt att punkter i elnätet där det kommer in mycket snabbladdning kommer att vara en stor utmaning. Orsaken är det blir stora effekter där laddning kan ske på dagtid då man redan har hög last i elnätet. Förstärkningar kan dessutom behövas på högre spänningsnivåer än vad områdeskoncession omfattar och då krävs ansökan om linjekoncession, vilket som tidigare nämnts är betydligt mer tidskrävande. Att flaskhalsar i vissa fall uppstår i överliggande nät gör också att det lokala elnätsbolaget inte själva råder över situationen helt, och får man problem på den överliggande nätnivån så riskerar det att stoppa alla nyanslutningar.

Flera respondenter nämner också att de ser att det är i landsbygdsnäten som kapacitetsbrist kan uppstå först då dessa generellt är svagare, och därmed har mindre marginaler än näten i mer centrala delar. De flesta ser dock att effektbehov kommer att öka snabbast i städer, där man samtidigt har de starkaste näten. Hittills har de flesta privatpersoner som skaffat elbil bott i villor, men en ny trend som förväntas är att de som bor i lägenhet behöver möjlighet att kunna snabbladda då man har dålig möjlighet till laddning vid bostaden. Bensinstationer nämns som möjliga aktörer som kan börja bygga ut snabbladdning av denna anledning.

8.5 VILKA LÖSNINGAR ELNÄTSBOLAGEN SER

Som visats i enkätstudien ser elnätsbolagen att det krävs flera olika åtgärder för att kunna hantera elektrifiering av fordonsflottan, tillsammans med all annan elektrifiering som sker. Då kapacitetsbrist i elnätet i de flesta fall bedöms uppstå i genomsnitt ett fåtal timmar per år är flera lösningar kopplade till detta. Generellt sett nämner respondenterna att man i ökad utsträckning går mot att använda effekttariffer för att ge kunderna incitament att minska effekttoppar.²⁸

Alla respondenter nämner flexibilitetstjänster som en viktig del för att hantera den snabba elektrifieringen. Det innebär i detta fall att ge kunderna olika incitament för att dra ned på sin förbrukning vid kritiska tillfällen. Det finns dock de som försöker tillämpa flexibilitet genom att få mer effekt ut ur själva elnätet genom att ha en mer dynamisk syn på dimensionering. Kapacitetsbrist inträffar normalt under vintern då värmebehovet är som störst. Men eftersom ledningar kan ha en högre kapacitet då det är kallare ute, än vad de är dimensionerade för i normalfallet, ger det en möjlighet till en viss flexibilitet i elnätet.²⁹ Villkorade abonnemang nämns också i detta sammanhang, dvs att man kan styra ned förbrukning vid kritiska tillfällen för att kortsiktigt hantera situationer där man inte hinner förstärka elnätet. Sådana avtal kan innebära att kunder som annars hade fått vänta på en nätförstärkning kan anslutas direkt. Flera respondenter ser dock inte flexibilitet som en permanent lösning, utan som en temporär lösning för att hantera kapacitetsbrist fram tills att elnätsföretag hunnit bygga ut elnäten. Detta gäller framför allt interna flaskhalsar, men även till viss del mot överliggande nät. På längre sikt nämner vissa att en viss grad av flexibilitet kan finnas även på lång sikt, exempelvis genom att man "styr" kunder med effekttariffer.

Ur ett elnätsperspektiv ligger alltså utmaningen i att man normalt sett har behov av flexibilitet relativt sällan, kanske bara ett fåtal timmar per år. Den stora utmaningen med att få i gång marknader för flexibilitet är alltså att de förväntas behövas relativt sällan i ett elnätsperspektiv, vilket gör att förtroendet för en marknad sannolikt blir låg. Av denna anledning bör man se på sätt att interagera med andra marknader som har mer frekvent behov av handel med flexibilitet. Som exempel behöver man ges möjlighet att komma in på stödtjänstmarknaden, för att kunna finna lönsamhet att ha batterier i elnätet, där det finns chans till högre utnyttjningstider. Det potentiellt låga förtroendet för en flexibilitetsmarknad gör också att flera aktörer ser bilaterala avtal för flexibilitet som ett alternativ. Vidare efterlyser ett antal av de intervjuade standardlösningar för flexibilitetsmarknader, de anser att varje nätbolag inte kan utveckla sin egen marknadsdesign. En viktig del som kopplar till ovanstående sammanhang, och som har nämnts tidigare, är att ha tillräckliga resurser för att analysera elnätet och utveckling av elbehovet för att kunna ta fram rätt lösningar i olika situationer. Det behövs

²⁸ Detta är också en utveckling som drivs på av Energimarknadsinspektionen som under våren 2022 utkom med föreskrifter och allmänna råd för utformning av nättariffer för ett effektivt utnyttjande av elnätet (Energimarknadsinspektionen, 2022)

²⁹ Exempelvis har elnätledning en högre överföringsförmåga vid lägre temperaturer. (Hajeforosh & Bollen, 2020)

exempelvis analyser av hur transportbehovet ser ut i framtiden och hur laddbehovet kommer att utvecklas, samt all övrig elanvändning.

Utifrån detta anses man också behöva undersöka och koordinera vilka platser som är lämpliga för snabbladdning, vilket bedöms bli den största utmaningen. Rent teknisk nämnde flera respondenter att man måste hitta sätt att hantera snabbladdning och perioder med stort laddbehov. Det kan handla om att skapa lokala energilager (batterier) som laddas upp via elnätet då det finns gott om kapacitet, vilka sedan kan bidra till att snabbladda ellastbilar som kommer samtidigt för att ladda. Ett exempel för turistorter som har ett stort effektbehov enstaka veckor per år är att ha ett tillfälligt (eller permanent) batteri som laddas upp under låglastperioder för att sedan bidra vid snabbladdning när större behov uppstår. Då regelverk i flera fall upplevs som svåra att tolka är ett önskemål att få ökad tydlighet, t ex branschpraxis eller standarder som guide för att kunna agera korrekt.

8.6 BYGGA PÅ SPEKULATION

Frågan om att bygga elnät på spekulation, eller snarare att man inte får bygga på spekulation kommer ofta upp i debatten om anslutningar till elnäten. När det gäller att bygga på spekulation är det genomgående ingen som gör detta, t ex att bygga nya ledningar vid en eventuell anslutning. Man tar dock i lite extra när man väl bygger ut elnätet och det är framför allt i lokalnäten som man bygger på prognoser, alltså man tar hänsyn till troliga framtida laster. Man anser att det handlar om bra planering, då extrakostnader för en grövre kabel är små (eller till och med lägre i vissa fall) och dessutom leder till lägre förluster. Det är betydligt mer samhällsekonomiskt än att gräva på nytt vid varje tillkommande anslutning och dessutom behövs en viss "överdimensionering" för att klara felfall. Man anser också att det numera är ett måste med viss överdimensionering då man gör åtgärder eftersom elektrifieringen förväntas gå snabbt de närmaste åren. Vissa anser dock att det finns viss otydlighet när det gäller att bygga på spekulation och att det oavsett vore bra med ökad tydlighet i lagen kring vad som faktiskt är tillåtet och inte.

Detta upplevs dock bli svårare framgent att beakta prognoser då det sker mycket förändringar i elnätet, dvs. det kommer till mycket nytt elbehov som man har mindre kunskap om. Det blir därmed vanskligt att få en helhetsbild av hur behovet kommer att utvecklas framgent. När det gäller regionnätet är det redan idag problematiskt att bygga på prognos då det rör sig om ett fåtal stora anslutningar, samt att det ofta handlar om stora investeringar. Då det dessutom tar betydligt längre tid att få tillstånd och genomföra en investering på regionnätet, jämfört med lokalnät, blir också utmaningen att få anslutningar på plats snabbt betydligt större.

Just att svårigheten i att behoven förändras snabbt och man inte med säkerhet kan veta vad man ska planera för, är problematiskt. Som en respondent uttryckte det *"exempelvis kan det komma en förfrågan på solcellspark om 1 MW, men när den väl ska byggas så vill kunden ha 5 MW i stället"*. Elnätsbolagen vill kunna hantera sådana situationer, men frågan är om man ska/får bygga på risk eller förstärka successivt, där det senare är ett betydligt dyrare alternativ.

Initiativet med nätutvecklingsplaner välkomnas då förväntningen är att det ska ge ökad transparens och underlag för bättre planering. En förhoppning är att nätutvecklingsplaner också ska kunna användas för att samordna behov av förstärkningar för olika nät. Flera respondenter menar dock att branschen efterfrågar någon form av riktlinjer för hur dessa ska se ut och hur de ska tas fram. Det finns de som menar att det som kommer att göras i nätutvecklingsplanerna sannolikt är sådant som man i stor utsträckning gör i sin planering redan idag.

Vissa respondenter menar också att nätutvecklingsplanerna kan utgöra ett underlag för att få en bättre uppfattning om vilken flexibilitet som behövs i elnäten (beroende på vad som ska ingå i en nätutvecklingsplan). En förhoppning är att nätutvecklingsplanerna kan hjälpa till att svara på hur långt flexibilitet räcker, dvs. om man kan undvika investeringar helt eller hur länge man kan fördröja investeringar.

Kopplat till nätutvecklingsplaner nämner flera hur viktigt det är med kommunikation med kunder i ett tidigt skede och att man är transparent mot varandra för att kunna planera på ett så bra sätt som möjligt. För att hinna med elektrifieringen, och inte begränsa denna, anser man att det är nödvändigt att arbeta utifrån prognoser och ta viss höjd för behov som förväntas komma. Flera av respondenterna menar också att man arbetar för att blir mer transparenta mot kund och att man försöker förbättra dialogen med dessa för att kunna göra en bättre planering. Generellt är kommunikation med kunderna viktig, exempelvis behöver laddoperatörer involveras, och tillsammans bilda en plan för nätförstärkningar och nätutbyggnad.

Det anses finnas flera skäl till ökad grad av mätning i elnäten och att man i större utsträckning använder sig av denna mätdata för planering. Man konstaterar att idag dimensionerar elnätsbolagen med en viss säkerhetsmarginal som kanske behöver dras ned något för att öka effektiviteten. Mätdata behövs då för att få en uppfattning om hur nätet mår och förstå kapacitetsproblemtiken bättre, vilket i sin tur kan förenkla anslutningsprocess. Därav finns det behov av ökad nätövervakning för att kunna göra bättre analyser av elnätens status.

I detta sammanhang nämndes också att man tillämpar principen med en kölista där den som frågar först är också den som ska få anslutning först. Frågan är om detta är rätt princip att tillämpa även i framtiden då det kommer så många förfrågningar med olika karaktäristisk. Här ser man gärna att det tydliggörs i regleringen hur elnätsbolagen ska prioritera framgent.

8.7 ELNÄTSBOLAGENS ROLL

När det gäller elnätsbolagens roll skiljer det sig en del i synen mellan respondenter, men alla säger att de vill göra vad de kan för att inte bli en begränsande faktor i elektrifieringen. Elnätsbolagen menar att man utgör ett monopol där man har som huvuduppgift att äga och förvalta så mycket av elnätet som möjligt, då man får skalfördelar i drift och underhåll. Något som alla är överens om är också att man vill komma in tidigt i diskussionen för att kunna medverka till att man ansluter laddstationer där det är mest kostnadseffektivt och enkelt, så att man hinner med tidsmässigt.

Samverkan anses vara en viktig faktor för att skapa ett långsiktigt effektivt system, men det är oklart vem som ska driva detta (vilken roll har Trafikverket, kommunen, och Energimarknadsinspektionen?). Flera respondenter efterfrågar en gemensam framtidsbild som ska göra det enklare och säkrare att kunna koordinera utbyggnaden av och lösningar för elnätet. Man uttrycker att man behöver information från berörda aktörer i tid, om var anslutning ska ske och när det ska ske. Flera av de tillfrågade säger också att de vill kunna ge öppen information om var i nätet det finns utrymme för snabbladdning så att aktörer enkelt ska kunna se var det finns möjlighet att bygga utan att behöva vänta på nätförstärkning. Det kräver dock arbete från nätägarna för att ta fram och förmedla denna information. Vissa uttrycker det som att elnätsbolagen ska ta rollen som en möjliggörare och det finns de som menar att de skulle vilja ha en mer aktiv roll, men att det inte är tillåtet enligt regelverket. För att ta denna roll, som möjliggörare, försöker flera bolag bidra till att möjligheterna för laddning utökas, vilket inkluderar att vara aktiva i kontakten med alla olika aktörer som kommunen, företag och regionnätägare.

När det gäller flexibilitetstjänster tolkar vi det som att elnätsbolagen generellt ser sig som köpare av flexibilitet, men att någon annan löser hantering så att flexibilitet faktiskt nyttjas på ett så bra sätt som möjligt. Vad avser laddning av elfordon är det främst elhandelsföretag/laddstolpsoperatörer som är kund till elnätsbolagen, vilka sköter marknaden kring flexibilitet och styrning. Sen är frågan fortfarande öppen om hur affärsgränssnitt och affärsmodeller ska se ut. Vissa anser att elnätsföretag kan ha en roll som katalysator för att få i gång marknader där det inte är så enkelt för privata aktörer att ta initiativet.

Man är tydlig med att elnätsbolag inte får äga batterier, samtidigt som flera uttrycker att man tror att batterier kan vara en viktig del för att kunna skapa effektiva lösningar för snabbladdning och att nyttja elnätet effektivt. Vissa respondenter skulle gärna se att elnätsbolag ges vissa möjligheter att nyttja batterier för att få till stånd denna effektivitet, samt främst för att hinna tillgodose det behov som efterfrågas. Det påpekas att även om man inte får äga några batterier som elnätsbolag, torde man dock kunna sköta driften och underhåll samt ge information om var batterier bör placeras i elnäten.

En del elnätsbolag är kommunalägda och i detta sammanhang uttrycker några respondenter att man vill bidra till ökade möjligheter till laddning i kommunkoncernen. Det handlar då om publik laddinfrastruktur där elnätsbolaget försöker bidra till att skapa affärer i den mån det är möjligt. Hyreslägenheter har traditionellt sett inte samma möjligheter till laddning som villor. Det nämns att det torde finnas mycket att göra inom det området och att elnätsbolagen kan ha en viktig roll i utvecklingen.

9 Standarder för statisk laddning av fordon

Som en del av uppdragets omfattning ingår att kartlägga standarder för statisk laddning av fordon samt att sammanställa dessa i ett lättillgängligt format. Utkomsten av arbetet ska efterlikna den databas av standarder för dynamisk laddning genom elvägsteknik som gjordes av forskningsprojektet *FoI-plattform för elvägar*³⁰. Denna databas för standarder utfördes av SIS³¹ i samarbete med statens vägtransportinstitut VTi.

Arbetet mynnade ut i en lättöverskådlig och sorterbar Excel-lista som med tillåtelse från upphovsrättspersonerna på SIS och VTi också använts som grund för sammanställningen av standarder för statisk laddning i detta projekt. Denna uppdaterade Excel-databas som dokumenterar standarder för statisk laddning av elfordon är detta delarbetspakets främsta leverabel. Listan går att ladda ner på Energiforsks webb som extramaterial till denna publikation. Dokumentets standarder består främst av föreskrifter från standardiseringsorganisationerna ISO, IEC och SAE.

Metodiken som använts utgår från Excel-dokumentet, gjort av SIS och VTi, och behåller de generella standarder för laddinfrastruktur som inte är specifikt vinklat mot dynamisk laddning och kan appliceras både för statisk och dynamisk laddning. Irrelevanta standarder som inte direkt rör statisk laddning sorterades bort från dokumentet varpå nya publikationer inom de standarder som är relevanta för statisk laddning lades till. De flesta nya publikationerna är tillägg och vidarearbeten inom befintliga standarder. I stort rör det sig om nya versioner av standarder för kontaktdon och trådlös kommunikation mellan fordon och laddstationer, samt säkerhet och trådlös överföring av energi till fordon. Det enda nya tillkommande området rör standarder för automatisk anslutning av kontaktdon.

9.1 STANDARDER UNDER ARBETE FÖR STATISK LADDNING AV FORDON

Inom uppdraget dokumenterades även en sammanställning av standarder under framtagande. Detta utfördes med samma metod som sammanställningen av befintliga standarder, beskrivet i föregående stycke. Resultatet samlades i samma Excel-databas som befintliga publicerade standarder med skillnaden att de markeras med status "draft". Majoriteten av standarder under framtagande är relaterat till design, konstruktion och dimensioner för den fysiska kopplingen mellan fordon och en statisk laddkälla, tex. kontaktdon, ladd-uttag och adaptrar. Två utstickare var standarderna IEC 63380 ED1 och IEC 63382 ED1 som ska behandla kommunikation och hantering av fordon som resurs för lagring av energi, för tex. V2G-utmatning.

³⁰ För mer information var god se <https://www.electricroads.org/>.

³¹ Arbetet utfördes av Peter Claeson, Linnéa Casselbrandt, Yamen Kadoura och Annika Almqvist på SIS.

10 Referenslista

- ABB. (2022). *Laddstationer för elbilar och tunga fordon*. Hämtat från Lastbalansering - statisk eller dynamisk?: <https://new.abb.com/ev-charging/sv/lastbalansering-elbil>
- Alltomelbil. (2022). *Uttag och laddkontakter till elbilar*. Hämtat från <https://alltomelbil.se/guider/ladda-elbilen/laddkontakter-och-uttag-till-elbilar/>
- Barr, J., & Topel, M. (2022). *Ett elsystem för elfordon: AP1 - Scenarier för introduktion av elfordon*. Energiforsk.
- Boverkets författningssamling. (januari 2021). BFS 2021:2 Boverkets föreskrifter och allmänna råd om utrustning för laddning av elfordon.
- Chademo. (2022). Hämtat från <https://www.chademo.com/technology/protocol-development>
- Chademo. (2022). Hämtat från <https://www.chademo.com/technology/protocol-development>
- EFUEL. (2022). *Hur lång tid tar det att ladda en elbil?* Hämtat från <https://www.efuel.se/artiklar/hur-lang-tid-tar-det-att-ladda-en-elbil>
- EFUEL. (2022). *Olika laddhastigheter för elbil*. Hämtat från <https://www.efuel.se/artiklar/olika-laddhastigheter-for-elbil>
- EFUEL. (2022). *Trådlös laddning för elbilar*. Hämtat från <https://www.efuel.se/artiklar/tradlos-laddning-for-elbil>
- Elbilsstatistik.se. (2022). *Sveriges nationella statistik för elbilar och laddinfrastruktur*. Hämtat från <https://www.elbilsstatistik.se/>
- ElbilSverige. (2022). *Statistik*. Hämtat från <https://www.elbilsverige.se/statistik/>
- Electreon. (2022). *Building the infrastructure to support mass EV adoption*. Hämtat från <https://electreon.com/projects>
- Energimarknadsinspektionen. (2022). *Föreskrifter och allmänna råd för utformning av nättariffer för ett effektivt utnyttjande av elnätet*. EIFS 2022:1.
- Evias. (2020). *Existerande infrastruktur leder till klimatmålen*. Hämtat från <https://evias.se/sv/technology>
- Hajeforosh, F., & Bollen, M. (2020). *Dynamisk belastningsförmåga av luftledningar*. Energiforsk, Rapport 2020:710.
- ISO 15118. (2019). *Road vehicles - Vehicle to grid communication interface*. Hämtat från <https://www.iso.org/standard/69113.html>
- Laddhybridkollen. (2022). *Jämför laddhybrider och elbilar*. Hämtat från <https://laddhybridkollen.se/tabell-laddhybrider-elbilar/>
- NCC. (2022). Hämtat från [ncc.se](https://www.ncc.se/om-ncc/om-koncernen/andra-varumarken/eroadarlanda/): <https://www.ncc.se/om-ncc/om-koncernen/andra-varumarken/eroadarlanda/>
- OPIGO. (2020). *Guide: Allt du behöver veta om elbilsladdning*. Hämtat från <https://opigo.se/guide-allt-du-behover-veta-om-elbils-laddning/>
- Power Circle. (2020). *Faktablad V2G, Vad är V2G - Vehicle-to-grid?* Hämtat från <https://www.powercircle.org/v2g.pdf>
- SandvikenPurePower. (2022). Hämtat från [:](https://sandvikenpurepower.se/)
- Scania. (2021). *Scania och elektrifierade fordon*. Hämtat från <https://www.scania.com/se/sv/home/products/attributes/electrification.html>
- Stone, T. (2017). *Qualcomm-Renault-Vedecom partnership demonstrates EV charging at highway speeds*. Hämtat från <https://www.trafficechnologytoday.com/news/electric-vehicles-ev->

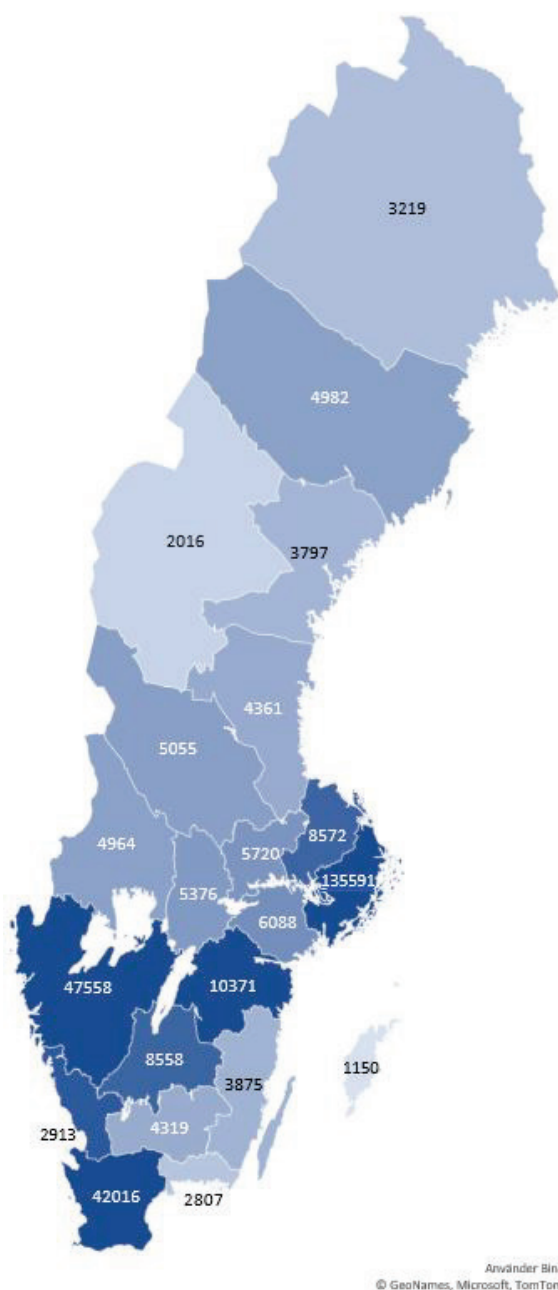
infrastructure/qualcomm-renault-vedecom-partnership-demonstrates-ev-charging-at-highway-speeds.html

Vattenfall. (2019). *Laddbox och laddeffekt - vi guidar dig rätt*. Hämtat från <https://www.vattenfall.se/fokus/eldrivna-transporter/laddbox-och-effekt/>

Volvo. (2022). *Eldriva lastbilar*. Hämtat från <https://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/trucks/alternative-fuels/electric-trucks.html>

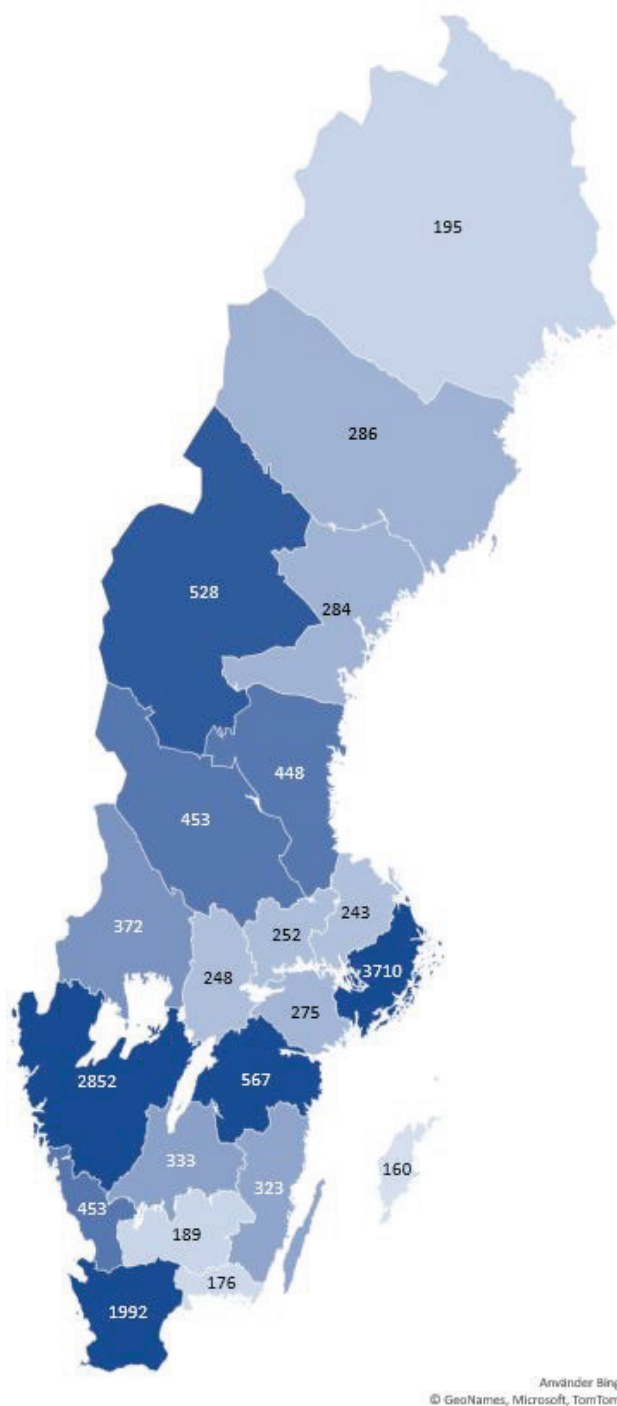
Bilaga A: Antal laddbara personbilar och laddpunkter i Sverige

Antal laddbara personbilar per län



Figur A.1. Antal laddbara personbilar per län i Sverige tom januari 2022.

Antal publika laddpunkter per län



Figur A.2. Antal publika laddpunkter per län i Sverige tom januari 2022.

ELEKTRIFIERING AV FORDONSFLOTTAN

Utvecklingen av både privat och publik laddinfrastruktur har ökat markant de senaste åren i samband med att allt fler eldrivna fordon används i Sverige. Utveckling sker samtidigt som andra sektorer av samhället elektrifieras, vilket har skapat en ökad belastning på elnätet med risk för kapacitetsbegränsningar och förhindrad samhällsutveckling som följd.

Nätbolagens främsta metod för att främja elektrifieringen är genom nätförstärkningar. Det är en utmaning med tanke på den förväntade omfattningen. Kommuner, regioner och leverantörer av laddinfrastruktur anser att utbyggnad av elnätet behöver gå hand i hand med det ökande antalet elfordon på vägarna. Därför behövs en gemensam och heltäckande strategi för utbyggnad av laddinfrastruktur. Potentiella hinder för en sådan utveckling är långa ledtider för utbyggnad av elnätet, brist på personal som behövs för att möta både framtidens och nutidens kompetensbehov, samt brist på entreprenörer och material.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk