

Effekter av storskalig elektrifiering och stadens roll

stockholm.se

Effekter av storskalig elektrifiering och stadens roll

Dnr: T2018-03388, M2019-556

Utgivare: Beställare - trafikkontoret Stockholms stad, utredare - Trivector

Kontaktperson: Mikael Ranhagen

Konsult:

Anna Clark, Hannes Englesson, Karin Neergaard, Trivector

Sammanfattning

Stockholms stad har som långsiktigt klimatmål att staden ska vara fossilbränslefri till 2040. I budgeten för 2018 har trafikkontoret i Stockholms stad fått i uppdrag att med stöd av miljöförvaltningen utreda konsekvenser av en elektrifiering av fordonsflottan. Miljöförvaltningen och trafikkontoret har därför låtit göra denna studie över vilka konsekvenser en storskalig elektrifiering av fordonsflottan väntas få och hur staden kan agera för att främja en ökad elektrifiering. Fokus är på de tekniska och fysiska aspekterna av elektrifieringen. Utredningen bygger på en litteraturstudie, intervjuer med relevanta aktörer samt en workshop.

Resultaten visar att kapacitetsbrist i Stockholms elnät främst återfinnas på stamnäts- och regionnätetsnivå. Två omfattande strukturprogram pågår nu för att förbättra kapaciteten: Stockholm Ström och Storstockholm Väst. Bristerna i dagens elnät medför framförallt problem att hantera höga effekter. Brist på effektkapacitet går att bygga bort men elnätsägare vill helst jämna ut effektuttaget (geografiskt och över tid) för att bättre nyttja befintlig nätinфраstruktur.

Stamnätsägare har en investeringsplan men fysiska åtgärder har långa ledtider. Detsamma gäller regionnätsägare som planerar åtgärder utifrån översiktliga lastprognoser. På lokalnivå byggs elnätet ut i takt med att behov uppstår. Långsiktig planering blir således svårt. Att hitta fysisk plats för nätförstärkande infrastruktur är en stor utmaning i Stockholms urbana miljöer idag. Likaså tillgång på arbetskraft och möjligheten att stänga av för trafik vid byggarbeten.

Lastbalansering, och på sikt ”Smarta elnät”, anses mycket viktigt för att nyttja befintlig infrastruktur bättre och minska behovet av ny infrastruktur. Det handlar om att fördela energiuttaget jämnare över dygnet och undvika effekttoppar. Att också kunna anpassa behov efter produktion i realtid bedöms bli viktigare på sikt. Nya tekniska lösningar som V2G, batterilager, elvägar m.m. bedöms kunna spela en betydande roll i framtidens elsystem, testas endast i liten skala idag.

Det råder idag delade meningar om en storskalig elektrifiering av fordonsflottan kan innebära brist på elektrisk energi i Sverige. Generellt verkar det dock inte ses som ett problem, delvis motiverat med att utvecklingen i andra sektorer leder till stora

energibesparingar. Argument för att det kan bli ett problem relaterar inte sällan till att det blir svårt att med förnybara energikällor kompensera för en eventuell avveckling av svensk kärnkraft. Den kanske största utmaningen som identifierats är att det saknas förståelse av hur storskalig elektrifiering av transportsektorn kan påverka elnätet i Stockholm i framtiden. Det saknas en tydlig bild över vilka elfordon som kan bli vanliga och vilka laddbehov det medför. Utöver detta finns det en stor utmaning i att framtidens mobilitetsmönster sannolikt kommer att se annorlunda ut jämfört med dagsläget.

Staden har en roll i att hitta lämpliga platser i stadsmiljön för nya nätstationer när så krävs för förstärkning av elnätet, vilket kan behövas vid nya anslutningar för laddningsinfrastruktur. Nya nätstationer kan också placeras på privat mark men oftast kommer staden att involveras i detta arbete. Plats i offentliga rummet är starkt begränsat idag och det är viktigt att elnätsförstärkningar kommer med tidigt i planeringsprocessen. Staden involveras också i bygglovsprocessen och om trafiken måste stängas av vid byggarbete.

Enligt flera prognoser kommer de flesta laddplatser att finnas i anslutning till bostaden även i framtiden. Publika laddplatser fungerar som ett komplement till hemmaladdning och i dagsläget fyller publika laddplatser i gatumiljö också en funktion genom att synliggöra och marknadsföra elbilen. På sikt kan fördelningen av publika laddplatser behöva revideras. Ett möjligt scenario är att normalladdning i större parkeringsanläggningar, t.ex. P-hus, blir det primära komplementet till hemmaladdning medan snabbladdningsstationer finns i mindre utsträckning, med liknande funktion och geografisk spridning som dagens drivmedelsstationer. Dessa behöver inte nödvändigtvis finnas i det offentliga rummet. Gaturummet, särskilt i de tätare delarna av staden, bör i stor utsträckning istället användas till kapacitetsstarka färdmedel som gång, cykel och kollektivtrafik. Viktiga laddplatser kan då bli parkeringshus för personbilar, kollektivtrafiknoder, taxinoder och större infrastrukturplatser inklusive hamnar.

Staden har en viktig roll som förvaltare av det offentliga rummet med ansvar för att skapa en trivsamt och funktionell stadsmiljö för alla som rör sig och är verksamma i staden. Användning av det offentliga rummet handlar om prioriteringar mellan olika intressenter, där infrastruktur för att främja elektrifiering av transportsystemet är en pusselbit som ska passa in i helheten. Staden har här en roll att stödja elnätsägare med att identifiera

lämpliga platser och lösningar för att integrera ny infrastruktur i stadsmiljön.

Som ett nästa steg bör det prioriteras att hitta samverkansformer mellan kommuner, region och näringsliv (inklusive elnätsbolag), för att driva arbetet vidare och främja en elektrifiering av fordonsflottan på ett effektivt sätt. Stockholm stad rekommenderas att ta en aktiv roll för att få till ett regionalt forum och effektivare samverkansformer i detta avseende, samt delta aktivt i dialogen genom att bidra med erfarenhet och kunskap.

Innehåll

Sammanfattning	3
Inledning	7
Bakgrund och syfte	7
Metod och underlag	7
Resultat	9
Nuläge och Stockholms stads mål för elektrifiering	9
Elnätet i Stockholm	12
Framtidens elsystem	17
Elektrifierad fordonsflotta – elbehov och användningsområden	21
Totalt elbehov vid en storskalig elektrifiering av fordonsflottan	28
Potentiellt effektuttag, geografiskt och över dygnet	29
Identifierade utmaningar	30
Stadens roll	32
Analys och slutsatser	35
Trafik- och transportplanering	37
Rekommendationer och nästa steg	38
Rekommendationer	38
Nästa steg	39
Referenslista	40
Litteratur och publikationer	40
Webb	42
Bilaga 1 Intervjupersoner	43
Bilaga 2 Intervjufrågor	44

Inledning

Bakgrund och syfte

I budgeten för 2018 har trafikkontoret i Stockholms stad fått i uppdrag att utreda konsekvenser av en elektrifiering av fordonsflottan. I budgeten står bland annat att trafiknämnden tillsammans med miljö- och hälsoskyddsnämnden ska analysera effekter av en ökad elektrifiering av fordonsflottan och redovisa handlingsalternativ för en hållbar teknikomställning som omfattar samtliga fordonskategorier.

Miljöförvaltningen och trafikkontoret ville därför göra en studie över vilka konsekvenser en storskalig elektrifiering av fordonsflottan väntas få. Positiva och negativa effekter behöver identifieras så att staden kan underlätta för utvecklingen och maximera nyttan av detta tekniskifte. Vad innebär en storskalig elektrifiering, finns det några hinder för det? Vad ser aktörerna för utmaningar och möjligheter? Vad måste göras och vad kan staden göra eller bidra med? Fokus i utredningen är på de tekniska och fysiska aspekterna. Men även juridiska aspekter nämns. Beteendefrågor och påverkan på stadsplanering är andra aspekter av intresse, men de är inte huvudfokus i denna studie.

Exempel på tekniska frågor som studerats är följande:

- Hur mycket el kommer det att behövas med en storskalig elektrifiering i Stockholm? När på dygnet och var ungefär?
- Går det att få kapacitet i elnätet i Stockholm som klarar detta?
- Finns det stora brister i dagens nät?
- Behövs det / finns det planerade uppgraderingar och ombyggnader som kan klara detta?
- Behöver staden agera för att vara säker på att en storskalig elektrifiering går att genomföra? Hur bör staden i så fall agera?

Metod och underlag

Utredningen bygger på en litteraturstudie, intervjuer med relevanta aktörer samt en workshop. Denna rapport presenterar ett samlat resultat från samtliga delar och avslutas med rekommendationer till Stockholms stad om hur de kan arbeta vidare för att hantera och främja en storskalig elektrifiering av fordonsflottan i Stockholm.

Litteraturstudie

Relevant litteratur identifierades genom diskussion med ett flertal experter inom området transportelektrifiering och energi, databassökningar, underlag från tidigare uppdrag inom området och genom tips från intervjuade aktörer. Använd litteratur utgörs främst av rapporter från energiaktörer, men även vetenskapliga artiklar och nyhetsartiklar från branschtidningar har inkluderats.

Intervjuer

Totalt 18 personer intervjuades inom uppdraget. Intervjupersoner identifierades genom samråd mellan konsulten och Stockholms stad, via litteraturstudien, genom diskussion med branschaktörer samt via tips från andra intervjupersoner. Intervjuerna genomfördes via Skype/telefon och en sammanfattning från respektive intervju skickades till intervjupersonen som fått ge synpunkter och godkänna innehållet som använts i arbetet. Listan med intervjupersoner finns i en separat bilaga till denna rapport.

Workshop

En workshop hölls i Stockholm 16 oktober 2018. Syftet med workshopen var att diskutera:

- De tekniska och fysiska utmaningarna för storskalig elektrifiering i Stockholm,
- Vad som bör göras och vem som bör göra vad,
- Vilken roll staden har för att underlätta processen.

Ett utkast till rapporten med resultat från litteratur- och intervjustudien skickades till workshopdeltagare innan workshopen som grund för diskussionerna.

Referat från workshopen, inklusive deltagarlista, finns i en separat bilaga till denna rapport.

Resultat

Referenser från litteraturstudien inkluderas i fotnot. Övrigt innehåll i detta kapitel är hämtat från intervjustudien, samt workshopdiskussioner.

Nuläge och Stockholms stads mål för elektrifiering

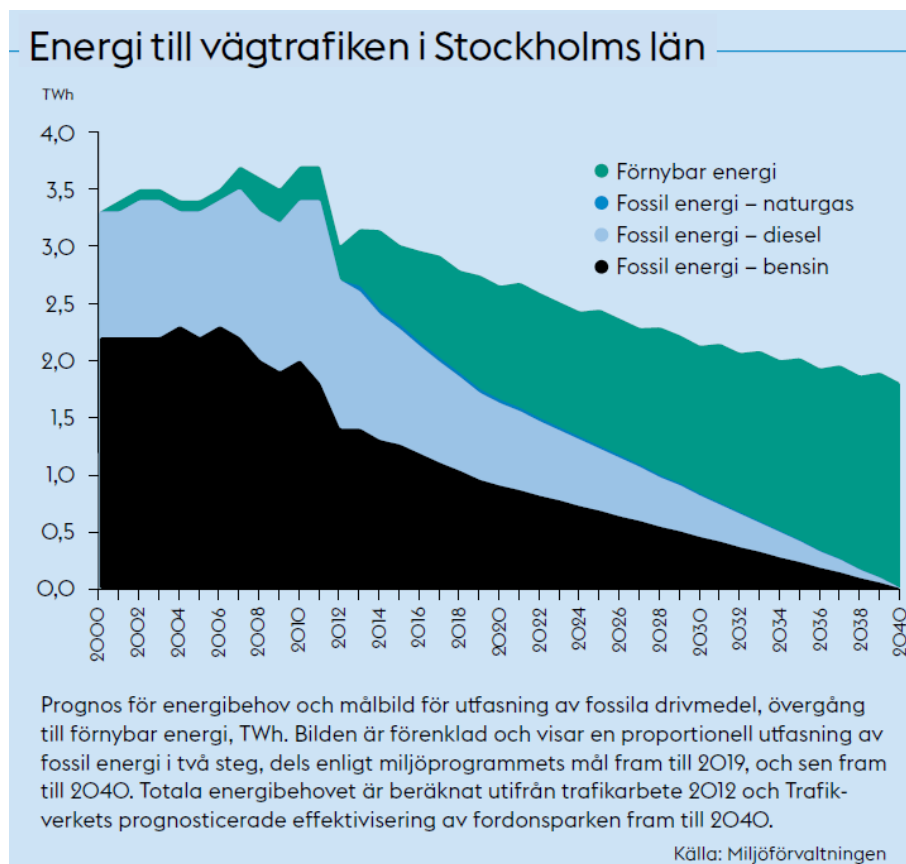
Stockholms stad har som mål att bli fossilbränslefritt till år 2040, vilket beskrivs i strategin för fossilbränslefritt Stockholm¹. Enligt strategin står transporter idag för 44 % av klimatutsläppen i staden och utgör därmed en viktig (och stor) utmaning för att klara målet om fossilbränslefrihet. Vägtransporterna står för 80 % av transportsektorns klimatutsläpp i Stockholm och personbilarna står för merparten av dessa utsläpp. Även godstransporterna har en betydande andel.

Målet är att trafikarbetet med personbilar ska minska samtidigt som staden växer. Mängden godstransporter förväntas öka i samband med ökad tillväxt i staden, vilket också omfattar transporter av byggmaterial när staden växer.

En prognos för energibehov och målbild för utfasning av fossila drivmedel visas i Figur 1. Här framgår det tydligt att om Stockholm ska klara målsättningen så måste:

1. Den totala energianvändningen minska (genom energieffektivisering).
2. Fossilfria bilar och lastbilar utgöra en gradvis större andel av fordonsparken.
3. Elen till elfordon komma från förnybara källor.

¹ Strategi för fossilbränslefritt Stockholm 2040. Stockholms stad, Stadsledningskontoret, december 2016.



Figur 1 Energi till vägtrafiken i Stockholms län. Källa: Stockholms klimatstrategi, 2016

Elfordonen utgör endast en liten andel av fordonsflottan i Stockholm idag och en ökning av antalet elfordon är viktigt för att Stockholm ska klara klimatmålen. Det är dock oklart vilken andel elfordon som behövs. I förslaget till klimatfärdplan för Stockholmsregionen² (ej antaget ännu) står det att ungefär 20 % av länets bilar behöver vara eldrivna år 2030. De verktyg som nämns för att öka en elektrifiering av vägtransporterna inkluderar³:

- Kommunala- och företagsfordonsflottor med en hög andel elfordon,
- En massiv utbyggnad av laddinfrastruktur (med ekonomiskt stöd från till exempel klimatklivet),
- Bilpooler med elbilar,
- Stöd för lätta elfordon,
- Elbussflotta inom regionen,
- Elvägar för godstransporter.

I förslaget till klimatfärdplan nämns också vikten av att satsa på andra bränsletyper, speciellt biogas. Antalet laddplatser som

² Förslag till klimatfärdplan 2050 för Stockholmsregionen. Remiss handling, 27 juni – 2 oktober 2017

³ Förslag till klimatfärdplan 2050 för Stockholmsregionen. Remiss handling, 27 juni – 2 oktober 2017

kommer att byggas i staden är osäkert. Stockholms kommunfullmäktige har i budget för 2019 fastslagit att det kortsiktiga målet ska vara 4000 publika laddpunkter fram till år 2022. Det långsiktiga målet är att *”Tillgång till publik laddinfrastruktur ska inte utgöra ett hinder för omställningen till en fossiloberoende fordonsslotta.”*⁴.

Enligt en prognos från Trafikverket⁵ kan det finnas mellan 150 000 och 250 000 laddbara bilar i Stockholm år 2030. I slutet av 2017 fanns det 12 100 laddbara bilar i Stockholm och av dessa var 9 700 laddhybrider och 2 400 elbilar⁶. En studie som genomfördes 2016⁷ visar att antalet laddplatser som behöver byggas i Stockholm måste utgå från antalet elbilar som finns. En riktlinje för antalet laddplatser kommer från ett EU-direktivet där varje elbil motsvarar ett behov av 0,1 laddplatser⁸. Med Trafikverkets scenario betyder detta 15 000–25 000 laddplatser till år 2030. Denna prognos är dock osäker av flera skäl, och stadens inriktningsmål, och i synnerhet denna kvantifiering, ska revideras senast 2020.

Enligt flera prognoser kommer de flesta laddplatser att finnas i anslutning till bostaden även i framtiden. Publika laddplatser fungerar som ett komplement till hemmaladdning och i dagsläget fyller publika laddplatser i gatumiljö också en funktion genom att synliggöra och marknadsföra elbilen. På sikt kan fördelningen av publika laddplatser behöva revideras. Ett möjligt scenario är att normalladdning i större parkeringsanläggningar, t.ex. P-hus, blir det primära komplementet till hemmaladdning medan snabbaddningsstationer finns i mindre utsträckning, med liknande funktion och geografisk spridning som dagens drivmedelsstationer. Möjligen kan även laddning med högre effekt bli aktuellt i P-hus och garage, för t.ex. bilpooler. Laddplatser behöver därför inte nödvändigtvis finnas i gaturummet i framtiden, men på kort sikt kan det fylla en viktig funktion.

Ägare av parkeringsanläggningar är viktiga aktörer. Stockholms Parkering AB har idag 1200 laddplatser fördelade mellan de 30 parkeringshus som bolaget själva äger (300 förhyrda och 900 besöksparkeringsplatser). Totalt förvaltar bolaget ungefär 66 000 parkeringsplatser fördelat på 230 anläggningar i Stockholm, men då

⁴ Utlåtande 2017:120 RV+VII (Dnr 124-545/2017). Långsiktigt mål för laddinfrastruktur i Stockholms stad.

⁵ ibid

⁶ Utvärdering av publik laddning för elbilar i Stockholms stad (2018). Miljöförvaltningen Stockholms stad. April 2018.

⁷ Silfverstolpe, H (2016). Laddinfrastruktur i Stockholm. Långsiktigt mål. WSP Rapport. Uppdragsgivare: Trafikkontoret, Stockholms Stad.

⁸ Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure.

de inte själva äger marken på merparten av anläggningarna har det varit svårt att förse dessa med laddningsinfrastruktur. Det beror på att det är svårt att hitta investeringsmodeller när flera aktörer är involverade. Betalningsviljan är låg och ansvarsfördelning oklar.

Utöver vägtransporterna innehåller strategin också diskussioner om flyg, sjöfart och arbetsmaskiner. När det gäller elektrifiering är det framförallt sjötransporter (eldrift vid kaj) och arbetsmaskiner som bedöms vara relevanta. Även andra bränsletyper bedöms utgöra en viktig del framöver (till exempel LNG/LBG för fartyg och vätgas för arbetsmaskiner).

En ökad elektrifiering av kollektivtrafiken är också på gång i Stockholm. Stockholms läns landsting (SLL) utreder elektrifiering av bussflottan i Stockholms län och det pågår en ökad elektrifiering av Stockholms hamnar och därmed delvis även sjöfarten, vilket inkluderar både eldrift för fartyg vid kaj och batterifärjor för lokal- / skärgårdstrafik. Enligt en utredning från 2017⁹, bedömer Stockholms hamnar att det finns goda möjligheter att åstadkomma en fossilfri sjöfart för lokal- och regionaltrafiken. Däremot är det svårare med nationell- och internationell trafik.

Elnätet i Stockholm

Kapaciteten i elnätet som helhet beror på kapaciteten i de olika delarna av elnätet, totalt tre sammanlänkade nätstrukturer:

- **Stamnätet** - elförsörjning på nationell nivå, elnätsägaren är Svenska Kraftnät.
- **Regionnätet** – elförsörjning på regional nivå som inte nödvändigtvis täcker en ”region” geografiskt. Ägaren till det regionnät som försörjer Stockholms stad är Ellevio.
- **Lokalnätet** – elförsörjning på lokal nivå. Kallas även distributionsnätet. Elnätsägare i Stockholms stad, samt några angränsande kommuner, är Ellevio.

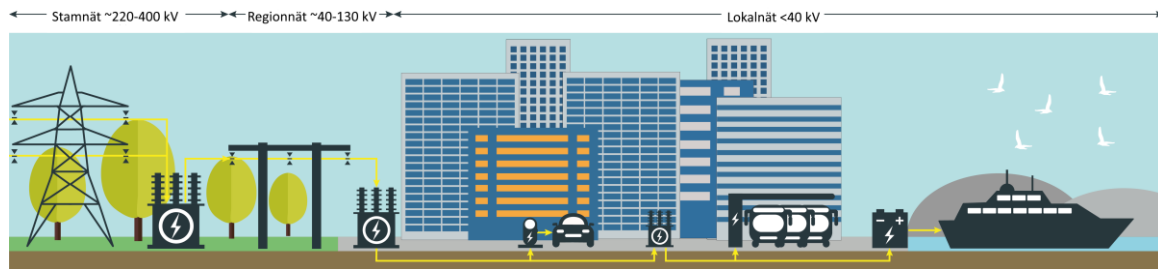
Lokalnätsägaren (Ellevio) köper ett abonnemang från regionnätsägaren (Ellevio) som i sin tur köper ett abonnemang från Svenska Kraftnät.

Stamnätet levererar el med en spänning på 220–400 kV, regionnätet har en spänning på 40–130 kV och lokalnätet har en spänning på <40kV. När elektricitet behöver omvandlas till en annan spänningsnivå (till exempel från stamnätet till regionnätet) sker detta via transformatorer. En transformatorstation omvandlar elen

⁹ Fossilbränslefri sjöfart (2017). Uppdrag i Strategi för fossilbränslefritt Stockholm 2040. Stockholms Hamnar. 2017-11-14

till en lägre spänningsnivå och fördelar ut den i nya, mindre ledningar. Större transformatorstationer i regionnätet kallas för fördelningsstationer, medan transformatorer i lokalnätet kallas nätstationer.

När elen levereras till kund måste det ske med rätt spänning. Ett vanligt vägguttag i Sverige har 230 V AC. Snabbladdning kan behöva ske med högre spänning för att inte strömmen ska bli för stor med högre effekt. Vid effektuttag omkring 500 kW eller mer kan det vara aktuellt med 10–20 kV spänning. Ultrasnabbladdare för personbilar, 150–350 kW, har redan börjat implementeras i liten skala och för bussar finns exempel på snabbladdare över 600 kW som används redan idag. Separata nätstationer för snabb- och ultrasnabbladdningsstationer kan således behövas.



Figur 2 Principskiss för elförsörjning till fordon. Från vänster: stamnät, regionnät, lokalnät. Källa: Trivektor.

Hur går det till när en aktör vill ansluta till elnätet?

En kund som vill sätta upp en laddstolpe, eller annan utrustning för att ladda elfordon, tar kontakt med Ellevio (lokalnätsägaren). Kunden lämnar in en föransökan varpå nätägaren fattar beslut och delger kunden detta beslut. När anläggningen är färdig lämnar operatörens installationsbolag in en färdiganmälan och nätägaren driftsätter anläggningen. Kunden betalar en anslutningsavgift till Ellevio och betalar därefter elnätsavgift och kostnad för nyttjad el löpande.

Kunden berättar vad de behöver, till exempel 3x35A, och var det behövs. Ellevio skriver därefter en offert. För större anslutningar (>25A) beror priset på den verkliga kostnaden för att ansluta till nätet, vilket i sin tur beror på hur mycket markarbete som behövs (kabeldragning), behov av ny nätstation, behov av att temporärt stänga av trafiken mm.

Förhandlingar om anslutningsutförande är vanligt. Ellevio kan peka ut lämpliga platser för anslutning som är billigare och / eller föreslå alternativa lösningar som gör det enklare att lastbalansera. Exempelvis kan en kund som vill ansluta tre snabbladdare till nätet

med 35A vardera erbjudas ett lägre pris om kunden accepterar att det inte alltid går att använda alla på högsta effekt samtidigt. På så sätt kan Ellevio balansera lasten i nätet som helhet på ett bättre sätt. Om kunden vill ha konstant tillgång till 35A, vilket ofta är fallet idag, per laddare så går det att få, men till en högre kostnad.

Stockholms stad verkar som en mellanhand i denna process avseende laddstolpar för elbilar. Staden tog 2017 fram ett kartunderlag för innerstaden, där staden pekar ut de platser som anses mest lämpliga för att sätta upp laddstolpar. Underlaget har tagits fram genom en fysisk inventering av gaturummet med åtta kriterier som grund för de utvalda gatorna, exempelvis att laddstolparna inte minskar framkomlighet för driftfordon eller att stolparna inte hamnar i vägen för planerade projekt som utbyggnad av cykelbanor eller framkomlighetsåtgärder för stombussar. Staden har också eftersträvat att hitta platser med möjlighet till minst 10 laddplatser i rad. Underlaget har remitterats internt inom trafikkontoret samt till Ellevio. De 2000 platser som fick högst betyg utifrån de åtta kriterierna valdes ut som mest lämpliga. Därefter gjordes kartan offentlig och leverantörer av laddinfrastruktur/laddtjänster får anmäla intresse för att etablera upp till 10 s.k. ”laddgator” åt gången. En laddgata består av ett flertal laddplatser i rad. När en laddgata har etablerats kan aktören anmäla intresse för fler laddgator, d.v.s. varje aktör kan arbeta med upp till 10 olika laddgator åt gången.

I processen med att ta fram underlaget enades staden och Ellevio om följande arbetsgång: Leverantören av laddinfrastruktur/laddtjänst lämnar intresseanmälan för laddgator utifrån det framtagna underlaget. Trafikkontoret dubbelkollar därefter anmälan för att i möjligaste mån säkerställa att förutsättningarna på platsen inte har ändrats sedan underlaget togs fram. När trafikkontoret godkänt placeringarna förmedlar trafikkontoret kontakt mellan leverantören och Ellevio. Detta görs för att optimera arbetet med installationerna.

Laddningsmöjligheter för elfordon handlar inte enbart om publika laddstolpar på gatan. Det kan också vara exempelvis:

- För personbilar: laddning hemma eller på egen tomt, vid bostadsrättsföreningar och i parkeringshus,
- För bussar: laddning vid depåer och ändhållplatser,
- För sjöfart: el-anslutning vid kajen, och laddning av batteridrivna färjor för skärgårdstrafik,
- För stationära maskiner: laddning vid till exempel byggarbetsplatser.

För nämnda tillämpningsområden tar kunden (som vill ansluta till nätet) direktkontakt med Ellevio. För mindre anslutningar (till exempel en bostadsrättsförenings parkeringsgarage) tar det vanligtvis 6–12 månader. Vid större anslutningar (till exempel för bussdepåer eller anslutningar till fartyg vid kaj) tar det i storleksordningen 5–10 år. Tiden det tar att ansluta till nätet beror på behovet av infrastruktur och markarbeten. Det byggs mycket i Stockholm och redan idag råder det brist på tillgängliga byggtreprenörer. Större anslutningar kräver i regel nya nätstationer, vilket kan kosta omkring 600 000 kr (omkring 2 miljoner kr om den ska anläggas under jord).

Vilka brister finns det i nätet idag?

Utifrån genomförda intervjuer verkar kapacitetsbrist i Stockholms elnät främst återfinnas på stamnäts- och regionnätetsnivå. Regionnätägare tar fram lastprognoser för hur mycket el som kommer att behövas på regional nivå, som grund för infrastruktursatsningar avseende utbyggnad och förstärkning av elnätet. Prognosen bygger på information om elbehov för alla verksamheter t.ex. serverhallar, hushållsel, olika verksamheter, mm. Även transporter med elfordon är såklart av betydelse. Alla aktörer är överens om att elanvändning kommer att öka i Stockholm framöver (delvis på grund av ökad befolkning, men också på grund av ökad elektrifiering i flera sektorer) och att nuvarande infrastruktur inte kan klara detta utan investeringar. Prognoserna är osäkra och elnätägare tar höjd för att kunna klara framtidens elbehov.

Stamnätet i anslutning till Stockholm är idag ganska gammalt med flera delar byggda på 40-talet. För ett antal år sedan såg man att kapaciteten i detta nät skulle vara otillräckligt för att möta det behov som regionnätägare aviserade i sina prognoser. Till följd av detta finns två omfattande strukturprogram som är viktiga för utbyggnaden: Stockholm Ström och Storstockholm Väst. Dessa projekt berör även regionnätet.

Bristerna i nätet medför framförallt problem att hantera höga effekter, och inte total energimängd. D.v.s. att även om kapaciteten räcker på totalen så är efterfrågad energi inte alltid tillgänglig momentant. Det kan t.ex. finnas kapacitet för 1000 bilar att ladda 40kWh el (d.v.s. 40 MWh på totalen över en hel dag). Om alla bilarna däremot är parkerade bredvid varandra och vill snabbladda samtidigt så blir det momentana effektuttaget 40 MW, vilket då blir en enorm belastning på elnätet. Ett extremt exempel men principen är relevant i sammanhanget.

Brist på effektkapacitet går att bygga bort men elnätsägare vill helst jämna ut effektuttaget (geografiskt och över tid) för att bättre nyttja befintlig nätinфраstruktur, vilket bl.a. görs genom prissättning.

Förstärkning av nätet

Stamnätsägaren tar fram en plan för hur de bygger ut/förstärker nätet med ny infrastruktur. Till exempel genom det pågående projektet Storstockholm Väst där nätet tappar nära Stockholm uppgraderas från 220 kV till 400kV. Med högre spänning kan större mängder el transporteras genom ledningarna samtidigt som överföringsförlusterna procentuellt blir lägre. Används lägre spänning behövs fler ledningar för att uppnå samma kapacitet och för att ersätta en 400 kV-ledning krävs det exempelvis fyra till åtta 220 kV-ledningar. Av den anledningen använder Sverige, precis som de flesta länder, generellt 400 kV i stamnätet. Men på vissa platser, till exempel utanför Stockholm, har nätet tappar inte uppgraderats till 400 kV.

Stamnätsägare har en investeringsplan men det tar lång tid att få ny infrastruktur i stamnätet på plats, i snitt 10–12 år, till följd av en lång tillståndsprocess som bl.a. omfattar en miljöprövning och möjlighet att överklaga för de som berörs av utbyggnaden. Den faktiska byggtiden är ca två år. Den delen av stamnätet som försörjer Stockholm byggs ut utifrån lastprognoser från regionnätsägarna. Svenska Kraftnät har en dialog med Energimarknadsinspektionen (tillståndsmyndigheten) där de diskuterar tidsaspektsproblematiken för att försöka underlätta processen där så är möjligt.

På lokalnivå byggs elnätet ut genomläggning av nya kablar och etablering av nätstationer. Behov av utbyggnad bedöms från fall till fall. När en kund efterfrågar anslutning till nätet görs en bedömning om det behövs en ny nätstation, vilken spänning som krävs, var nätstationen kan placeras, hur kablarna kan läggas, etc. För större anslutningar, t.ex. en bussdepå med elbussar, kan det ta mycket tid

och diskussioner, i nämnt exempel mellan SLL (kunden) och Ellevio (lokalnätsägare).

Det finns två primära utmaningar för utbyggnad av lokalnät:

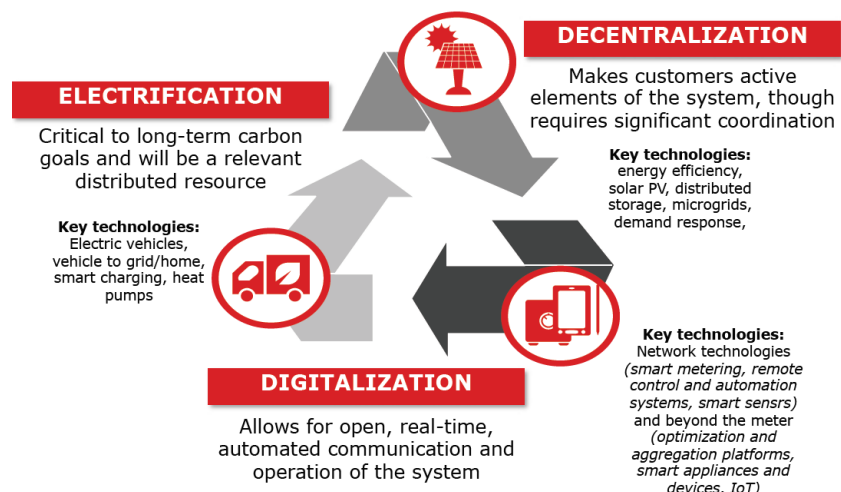
- (1) det behövs markarbeten och det kräver tillstånd, t.ex. schakt- och öppningstillstånd,
- (2) om en ny nätstation behöver byggas behövs bygglov och fysisk plats för etablering.

Nätstationer är i storleksordningen $2 \times 3,5 \text{ m}^2$, ca 2 m hög och det krävs därutöver plats i anslutning till stationen för servicefordon. Totalt handlar det om ungefär $10 \times 10 \text{ m}^2$. Det är svårt att hitta så stora ytor i Stockholms urbana miljö. Det är möjligt att bygga stationer i hus och under jorden, men även detta utrymme är starkt begränsat.

Om dessa utmaningar kan hanteras finns det inga andra hinder för att bygga ut det lokala nätet i den takt som krävs för en storskalig elektrifiering av fordonsflottan. Det går att bygga bort kapacitetsproblem. Det var alla intervjuade personer överens om.

Framtidens elsystem

Framtidens elsystem kommer sannolikt att skilja sig från dagens elsystem till följd av tre stora förändringar¹⁰: elektrifiering av nya sektorer (till exempel transporter), decentralisering och digitalisering.



Figur 3 Förändringar i framtidens transportsystem. Källa: WEF, 2017

¹⁰ World Economic Forum, 2017. The Future of Electricity: New Technologies Transforming the Grid Edge. Mars 2017

”Smarta elnät” och lastbalansering

Framtidens elsystem kommer att vara mer decentraliserat med flera energikällor från till exempel stora och små förnybara energikällor men även andra energikällor^{11, 12}. Detta är en utmaning för elsystemet och därför behövs ett bättre sätt att matcha efterfrågan mot en mer varierande produktion. Elnätet kommer att behöva stärkas i vissa delar men behovet av investeringar i infrastruktur kan minskas med hjälp av smarta sätt att styra elanvändningen¹³.

Det finns många olika sätt att förstå vad ”smarta elnät” är, och vad det gör. Power Circle (2018)¹⁴ föredrar att använda begreppet ”smarta energisystem” där ”smarta nättekniker” är en del som omfattar tekniska lösningar inom elnätet.

Ett sätt att hantera en ökad laddning av elfordon är att använda ”smart el”, där användning optimeras i realtid utifrån till exempel väderprognoser och förbrukningsmönster¹⁵ så att användning av el kan göras på ett optimalt sätt utifrån nätet som helhet. Detta inkluderar bättre styrning av elbehovet kopplat till produktionen, vilket kan gynna en omställning till en förnybar elproduktion som har stora produktionsvariationer över tid. Det finns flera projekt med smarta elnät i Sverige, men än så länge endast i liten skala^{16,17}. En del av dessa projekt omfattar även s.k. mikronät. I det framtida elsystemet förväntas smarta elnätstekniker ha implementerats i stor skala för att hantera de utmaningar elnätet står inför.

Ett småskaligt test har genomförts i Storbritannien med ett system som styrde bort elbils-laddningen från peaktider. Enligt projektet kunde en sådan lösning spara mycket pengar genom att elnätet inte behöver stärkas fysiskt för att tillgodose ett större energibehov¹⁸. De genomförde projektet med elbilsägare som accepterade att en extern part kontrollerade när de skulle kunna ladda. Projektet visade också att även om smart styrning kan underlätta lastbalansering så kommer vissa delar av nätet likväl att behöva stärkas i framtiden.

¹¹ World Economic Forum, 2017.

¹² Power Circle, 2018. Elnätets rolls I framtidens energisystem: Möjligheter, hinder och drivkrafter för smarta elnätslösningar

¹³ House of Commons Library. Briefing Paper Number CBP07480, 20 February 2018. Electric Vehicles and Infrastructure

¹⁴ Power Circle, 2018. Elnätets rolls I framtidens energisystem: Möjligheter, hinder och drivkrafter för smarta elnätslösningar

¹⁵ Ny teknik, 2018. De bygger smartaste elnätet – där elbilar ska hindra effektbristen. <https://www.nyteknik.se/energi/de-bygger-smartaste-elnatet-dar-elbilar-ska-hindra-effektbristen-6895449#author> [2018-05-11]

¹⁶ Klok_el och Väx_el, Sustainable Innovation. <http://www.sust.se/projekt/vaxel/> [2018-05-14]

¹⁷ Power Circle, 2018. Elnätets rolls I framtidens energisystem: Möjligheter, hinder och drivkrafter för smarta elnätslösningar

¹⁸ My Electric Avenue, Summary Report (2016).

”Smarta elsystem” eller ”smarta elnät” diskuteras mycket idag och kommer sannolikt att ha en viktig roll i framtidens elsystem. Dock råder det osäkerhet kring exakt hur utveckling kommer att ske och vilka roller olika aktörer kommer att ha i omställningen¹⁹. Power Circle har intervjuat energiaktörer, hållit workshops, och studerat litteratur i ämnet. Deras rekommendationer utifrån detta arbete för att hantera omställningen som sker i energisektor är att²⁰:

- 1 Åtgärda akuta problem i nätregleringen,
- 2 Möjliggöra för nätbolagen att testa nya tekniker och affärsmodeller,
- 3 Åtgärda oklarheter kring batterilager,
- 4 Skapa incitament för användarflexibilitet,
- 5 Skapa en politisk målsättning för elnätet och åtgärda generella hinder i lagstiftning och reglering.

Lastbalansering görs redan idag²¹ och är i nuläget primärt fokus för elnätsägare som ser möjligheter att i framtiden använda nya digitala tekniker för att optimera lastbalanseringen ytterligare.

V2G teknologi

V2G (”Vehicle to Grid”) är en lösning där elfordon är en del av elsystemet och kan ge ifrån sig el till nätet när behovet är stort, istället för att endast ladda fullt och sen stå passivt kopplat till nätet. Batterier i elfordon blir därigenom extra energilager som hjälper till att balansera elsystemet²². Det innebär att elfordon inte enbart blir en utmaning för elsystemet, utan också en del av lösningen eftersom de kan hjälpa till att lastbalansera i elnätet²³.

Idag används inte V2G i Stockholm, men det är en teknik som sannolikt kommer att användas i framtiden. V2G används framförallt för fordon som laddas över längre tid – till exempel över natten. Det finns flera verksamheter som är tveksamma till V2G i dagsläget eftersom att det är viktigt för dem att alltid ha tillgång till fulladdade fordon. Om ett fordon behöver laddas måste det göras snabbt för att inte begränsa verksamheten. Exempel på sådana verksamheter är taxi, pendelfärjor mm.

Dagens laddstationer erbjuder endast ett val (att ladda eller inte ladda). Det är troligt att framtidens laddstationer kommer att

¹⁹ Power Circle, 2018.

²⁰ Power Circle, 2018

²¹ Intervju med Ellevio och Svenska Kraftnät

²² World Economic Forum, 2017

²³ Ovo Energy: <https://www.ovoenergy.com/guides/electric-cars/vehicle-to-grid-technology.html> och <http://www.cenex.co.uk/vehicle-to-grid/> [2018-05-14]

erbjuda flera val där elfordonsägare t.ex. kan välja hur lång tid de kommer att vara parkerade och vilken minsta energimängd de kan acceptera när de hämtar fordonet (exempelvis minst fyra timmar parkering och minst 80 % laddning i batteriet vid avfärd). Utifrån kundernas val kan framtidens laddstationer möjliggöra användning av V2G teknik även vid publika laddplatser, vilket kan underlätta en effektiv och välfungerande användning av elnätet.

Laddning under färd

Elvägar kan också användas för att balansera lasten från elfordon på elnätet genom att laddningen av elfordon sprids ut geografiskt och över dygnet^{24 25}.

Något som kan försvåra ett snabbt införande av tekniken är att de innebär stora initiala kapitalkostnader som behöver samordnas²⁶. Elvägar kan minska fordons behov av batterikapacitet då de kan laddas under färd på väg mot destinationen²⁷.

Laddning under färd har även studerats specifikt för godstransporter i urbana miljöer²⁸. I studien antogs det att fordon försörjs med el via kontaktledningssystem, vilket möjliggör ett nyttjande av kontaktledningar för spårvagnar. Studien visade att en elektrifierad varudistribution med laddning under färd är möjligt, men att det medför ökade kapitalkostnader.

Bland de aktörer som intervjuats i denna studie var det endast en godstransportaktör som pratade om elvägar eller laddning under färd, primärt som en lösning för fjärrtransporter. Även om det finns en teoretisk möjlighet för elvägar i centrala delar av Stockholm för till exempel godsfordon, så finns det inga konkreta planer på detta i dagsläget.

Batterilager

Ett annat sätt att lastbalansera är att dra el från nätet i en jämn takt, och lagra den i batterier. När ett elfordon sen behöver (snabb-) laddas kan tillkommande effektuttag belasta batterier istället för elnätet. Batterilager har diskuterats för att underlätta elförsörjning

²⁴ Så ska elnätet försörja fem miljoner elbilar, 2018. Ny Teknik:
<https://www.nyteknik.se/fordon/sa-ska-elnatet-forsorja-fem-miljoner-elbilar-6895429> [2018-05-14]

²⁵ Taljegard M (2017). The impact of an Electrification of Road Transportation on the Electricity system in Scandinavia. Licentiate degree in Engineering, Chalmers.

²⁶ García-Olivares A et al (2018). Transportation in a 100% renewable energy system. *Energy Conversion and Management* 158:266-285.

²⁷ The case for building electric roads (2018). MIT Technology Review, May 18 2017

²⁸ Treiber och Bark (2016). Elektrifierade fordon för citydistribution av styckegods med elförsörjning under färd. TFK Rapport 2016:2

av ändhållplatsladdade elbussar i Stockholm och används idag vid laddning av elfärjor i bland annat Sverige, Norge och Nederländerna. Exempelvis används konceptet i Arnhem för ”shore-to-ship power” där elen dessutom genereras via solceller.

Ett nytt elfordonsladdningsföretag, No Picnic, har även utvecklat ett koncept som bygger på att fordon laddas via kabel som hänger från en byggnad via en ”arm” med batterilager. Med en sådan lösning skulle det inte behövas bygglov i Stockholm enligt företaget och genom att använda batterilager kommer elnätet inte belastas lika hårt som med en snabbbladdare som är direktkopplad till nätet. Det kan ändå krävas infrastruktursatsningar för att koppla ett batterilager till elnätet. Ett demoprojekt med denna lösning kommer att pågå i Stockholm under 2019.

Elektrifierad fordonsflotta – elbehov och användningsområden

Det finns idag ett flertal olika varianter av elektriska fordon, antingen kommersiellt etablerade eller i form av enstaka fordon inom testverksamheter och utvecklingsprojekt.

Det är viktigt att känna till nuläget och se utvecklingstrenderna för att förstå vilka krav detta kan medföra på elnätet på sikt. Inte minst är det viktigt med grundläggande kunskap om hur olika fordonsstyper kan laddas samt vilka effekter det rör sig om. Olika elfordonskoncept och exempel på driftsatta fordonsstyper presenteras översiktligt i Tabell 1. Därefter presenteras fordonsladdning kortfattat och slutligen ett mer detaljerat avsnitt om effekter och laddningsmönster utifrån fordonsstyp och användningsområde.

Tabell 1 Olika elfordon och kända exempel på fordonsstyper.

Namn	Beskrivning	Kända exempel på fordon
Elfordon (EV)	Samlingsnamn för alla elektriska driftstekniker. Omfattar också elfordon med kontinuerlig strömförsörjning utan energilagring, till exempel konventionella trådbussar och tåg	Personbil, lastbil, cykel, moped, motorcykel, färja, fritidsbåt, buss, tåg, spårvagn
Batteridrivet elfordon (BEV)	Helelektriskt fordon med energilagring i ett batteripack i fordonet.	Personbil, lastbil, cykel, moped, motorcykel, färja, fritidsbåt, buss, tåg, spårvagn
Elhybrid (HEV)	System med både elmotor och förbränningsmotor, kan ej laddas externt	Personbil, buss, lastbil, färja, tåg
Laddhybrid (PHEV)	System med både elmotor och förbränningsmotor, kan laddas externt	Personbil, buss
Vätgas (FCEV)	Helelektriska fordon med vätgas som primärt energilagring. Vätgas tankas i fordonet istället för att ladda från elnätet.	Personbil, lastbil, färja, buss, tåg

Laddning i allmänhet

Det finns olika sätt att ladda ett elfordon men det vanligaste (undantaget elcykel) är att använda en kabel med en kontakt som pluggas in i fordonet. En annan möjlighet som är under utveckling är att ladda trådlöst med induktionsteknik, utan någon fysisk kontakt. Detta har testats i mindre skala för bland annat personbilar och stadsbussar. I Stockholm har tekniken testats för personbilar mellan 2012–2016 genom deltagande i projektet WiCh. En vanligare variant för stadsbussar är idag konduktiv laddning via en pantograf. Ett flertal aktörer arbetar också med konceptet *Battery Swap*, vilket innebär att det urladdade batteriets byts mot ett fulladdat batteri vid speciella bytesstationer. Varken induktiv laddning eller batteribyte är kommersiellt utbrett i dagsläget.

För personbilar är kabelladdning det enda kommersiellt utbredda alternativet i nuläget. För tunga fordon testas olika former av kontinuerlig laddning, till exempel *in motion charging* för bussar (batteribussar laddas under färd med trådbussteknik) och olika former av *Elvägar*, där primärt lastbilar laddas via en skena i marken eller kontaktledning i luften. *In motion charging* är den enda kommersiellt etablerade tekniken för laddning under färd i nuläget.

Fordon, användningsområden och effekt

Cyklar och mopeder

Batteriet i en elcykel laddas från elnätet via ett vanligt eluttag då de inte kräver någon större effekt. Ett elcykelbatteri har normalt en kapacitet på omkring 400 Wh i dagsläget och laddas fullt på ca 4–10 timmar. Även om det sker en storskalig elektrifiering av cykelflottan så innebär den låga laddeffekten att belastningen på nätet sannolikt är utan direkt betydelse.

Elmopeder är mindre vanliga på marknaden idag men säljs kommersiellt både i klass I- och klass II-utförande. Batterierna i de snabbare klass I-fordonen har en kapacitet på ca 1,2–2 kWh och laddas i hemmet. Laddeffekten för dessa fordon är inte känd men eftersom de laddas via vanligt eluttag är den i sammanhanget låg. Laddning via eluttag med låg effekt medför att en storskalig etablering av elmopeder troligtvis inte är av större betydelse vid en storskalig elektrifiering av hela fordonsflottan.

Motorcyklar

I sammanhanget står motorcyklar för en relativt liten del av fordonsbeståndet i Sverige. Vid årsskiftet 2017/2018 fanns det 399 505 registrerade motorcyklar i trafik jämfört med 4 845 609 personbilar enligt SCB:s officiella statistik. Marknaden för elmotorcyklar är inte lika utvecklad som personbilsmarknaden men ett antal modeller finns att köpa i dagsläget. Elmotorcyklarna har batterier med kapacitet i samma härad som laddhybridbilar, omkring 11–15 kWh, men avvikelser kan förekomma för specifika modeller. Laddning sker idag på liknande sätt som för personbilar och den finns åtminstone en motorcykel på dagens marknad som klarar snabbladdning. Ett rimligt antagande i framtiden är att laddning av motorcyklar sker på samma sätt som personbilar men i mindre skala. Det är således en fordonskategori av mindre betydelse för elnätscapaciteten i stort men som samtidigt måste beaktas.

Privatbilar

94 procent av installerade elbilsladdare återfinns idag i hemmen eller på arbetsplatser²⁹, främst i form av normal- eller semi-snabba laddare. Samma typ av laddare kan förväntas vara tillräckligt i P-hus och vid andra publika parkeringsplatser med laddmöjligheter. Idag har Stockholms Parkering endast laddningspunkter upp till 3,7 kW och laststyrning nyttjas för hela anläggningen.

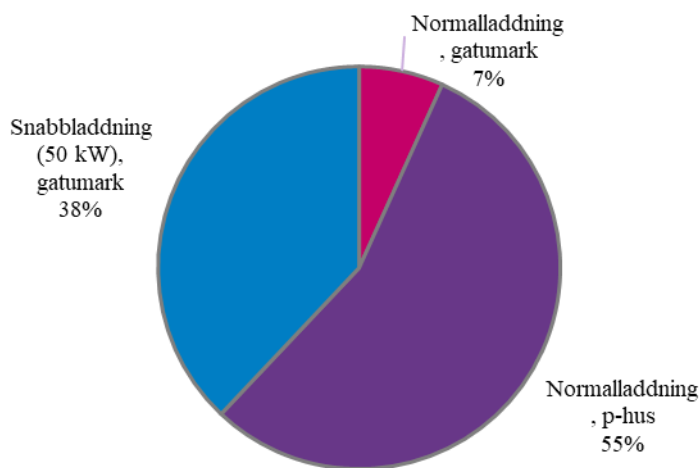
Publika snabbladdare fyller en kompletterande funktion till laddning i hemmet eller P-hus och är viktiga för exempelvis besökare med annan hemort och genomresande. Batterierna behöver laddas med likström (DC). Växelström (AC) likriktas därför normalt vid batteriet i bilen. På grund av de högre effekterna i en snabbladdare likriktas strömmen vid snabbladdning oftast redan i laddstolpen.

Den effekt som kan fås från en laddare beror på hur mycket spänning och ström laddpunkten kan leverera och avgör hur snabbt det går att ladda. Effekten kan idag variera från 3,7 kW till 120 kW, inkluderat allt från små laddboxar i hemmet till större laddstationer för snabbladdning. Laddning med högre effekt är under utveckling och under 2018 etablerades den första laddningsstationen med kapacitet upp till 350 kW i Tyskland. Det finns dock inga driftsatta bilar på dagens marknad med batterier som klarar laddning med så hög effekt, så det är primärt en satsning för framtiden. Det finns idag olika säkerhetsklassificeringar av laddningsutrustning, s.k.

²⁹ International Energy Agency (2018). Nordic EV Outlook 2018. Insights from leaders in Electric Mobility. OECD/IEA. Se även Utvärdering av publik laddning för elbilar i Stockholms stad, april 2018

Modes. Beslutade standarder inom EU är Mode 3 för normalladdning (AC) och Mode 4 för snabbladdning (DC). Snabbladdning är mest krävande för det lokala elnätet (högre effekt).

I Stockholms län fanns det 468 517 personbilar i trafik vid årsskiftet 2017/2018. Av dessa var 3 669 stycken (ca 1%) elbilar och 17 718 stycken (ca 4%) laddhybrider³⁰. I en enkätstudie³¹ angav 77 % av de svarande att de har tillgång till laddning i hemmet, medan endast 47 procent angav att de har tillgång till laddning på jobbet. I diagrammet nedan visas en sammanställning över hur den publika laddinfrastrukturen i Stockholm nyttjades från fjärde kvartalet 2016 till och med fjärde kvartalet 2017.



Figur 4 Fördelningen av laddkategorier utifrån antal laddsessioner kvartal 4 2016-kvartal 4 2017. Källa: Stockholms Stad³²

Bilpooler

Laddningsbehovet för bilpooler skulle kunna liknas med behovet för privatbilar, dock med vissa potentiella skillnader. Primärt att det kan vara fler geografiskt koncentrerade laddpunkter än normalt (större bilpooler) och att fordonen laddar mer utspritt över dygnet (mellan bokningar). Sunfleet, som är kund till Stockholm Parkering, har dock framfört önskemål om snabbladdning för att fordonen ska kunna nyttjas mer effektivt (en bil ska idag ha minst 70% laddning i batteriet vid upphämtning). Stockholm Parkering erbjuder inte snabbladdning och hänvisar idag till publika snabbladdare. Således kan det finnas ett större snabbladdningsbehov för poolbilar än för

³⁰ Sveriges officiella statistik. Fordon 2017. Trafikanalys / SCB.

³¹ Utvärdering av publik laddning för elbilar i Stockholms stad: april 2018. Stockholms Stad.

³² Utvärdering av publik laddning för elbilar i Stockholms stad: april 2018. Stockholms Stad.

privatbilar. Eller åtminstone laddning med något högre effekt generellt jämfört med privata bilar, men det är osäkert hur framtida behov kan komma att se ut för detta fordonsegment.

Taxi

Då taxibilar kör längre sträckor under en dag räcker det inte att endast ladda över natten med de flesta av dagens elbilar. Tesla har i Stockholm visat sig fungera för ett dagspass men bilen är mycket dyr i inköp och en taxibil nyttjas ofta för dubbla pass, både dagtid och nattid. Således är taxibilar i behov av laddning med högre effekt under ett arbetspass. Ju kortare laddtid desto bättre för verksamheten och hög effekt efterfrågas. Likaså behöver tillgängligheten på laddplatser vara god för att chaufförerna snabbt ska kunna ta sig till en laddplats och ladda. Detta gör att en elektrifiering av taxibilsflottan ger större krav på infrastruktur för snabbladdare än vad den övriga personbilstrafiken generellt gör.

Bussar

Marknaden för elbussar i stadstrafik har expanderat påtagligt de senaste åren. Det finns idag ett flertal olika elbusskoncept som medför olika belastning på elnätet. Primärt är det tre koncept som nyttjas idag men dessa kan anpassas på olika sätt:

- Depåladdning – bussarna laddas med kabel i depå. Effekt: 40–150 kW per buss.
- Ändhållplatsladdning – snabbladdare (300–600 kW) etableras vid ändhållplatserna på en linje. Medför högre effektuttag lokalt på dessa platser. Bussarna laddas också med låg effekt i depå.
- Trådbuss/in motion charging – bussarna drivs och/eller laddas med ström från ett system med kontaktledning. Anslutning till nätet sker då via transformatorstationer med normalt 2–3 km mellanrum. Även här ökar effektbehovet till depå.

Oavsett teknikval krävs det som synes högre effekt i depå till följd av att ett flertal bussar laddas på samma plats. Effektuttag där sker till stor del nattid.

Lastbilar

Marknaden för elektriska tunga lastbilar befinner sig idag i ett tidigt skede, men ett par modeller har utvecklats och börjar så smått introduceras på marknaden. Nattladdning med lägre effekt på terminal eller uppställningsplats kan antas bli det normala laddningsutförandet och distributionslastbilar kan i det avseendet liknas med stadsbussar. På sikt kan det också bli aktuellt med

snabbladdning vid större terminaler eller godsmottagare, men det är idag osäkert om så kommer att ske.

För större lastbilar avsedda för fjärrtransporter har modeller med batteridrift och bränslecellsdrift utvecklats i närtid. Inga sådana fordon finns dock driftsatta i Sverige idag. I framtiden kan de batteridrivna varianterna behöva laddas vid terminaler, vilket skulle öka effektbehovet. För den tyngre lastbilstrafiken (ej stadsdistribution) diskuteras också elvägar i Sverige och flera småskaliga försök är igång i nuläget.

Färjor och fartyg

Det finns idag två utvecklingstrender för elektrifiering av fartyg som påverkar energiuttaget från elnätet. En del är att fartyg kopplas upp mot elnätet vid kaj för att slippa ha igång dieselmotorerna när de ligger i hamn. Den andra är att nyttja elektriska drivlinor för framdrift.

Avseende koppling till elnätet i hamn (ej drift) har fartyg i yrkestrafik idag ett effektbehov mellan 1–11 MW beroende på typ av fartyg³³. Som jämförelse har ett vanligt svenskt hushåll en huvudsäkring på 16–63 A, motsvarande en maximal effekt på 11–44 kW³⁴. Att koppla ett fartyg till elnätet när det ligger i hamn kan således kräva en effekt som är upp till 1000 gånger större än den maximala effekten till ett svenskt hushåll. Containerfartyg, oljetankers, Ro/Ro- och bilfärjor kräver en effekt på ca 1–3 MW medan kryssningsfartygen står för de stora effektbehoven, 8–11 MW. Två olika uppskattningar presenterades av Ericsson & Fazlagic (2008). Utifrån då gällande anlöpstider uppskattades det gemensamma effektbehovet för Ro/Ro-färjor till terminalerna Arendal och Älvsborg i Göteborgs hamn (7 kajplatser) till max 14 MW. I en annan uppskattning avseende kryssningsfartyg till hamnen i Tallin (5 kajplatser) blev effektbehovet max 45 MW. Avseende elektrisk framdrift utvecklas och testas batterifärjor och bränslecellsferjor i mindre skala idag. Norge är ett föregångsland på detta område med flera elektrifierade färjor i drift. Färjan Ampere (80x20m) är en helelektrisk batteridrivna färja som driftsatts i Norge. Den har 1040 kWh batterikapacitet och laddningsstationerna i de båda ändarna av färdsträckan (två mindre samhällen med en station vardera) har batterilager på 410 kWh per station för att inte överbelasta elnäten. Även i Stockholm har en ejfärja driftsatts, E/S

³³ *Shore-side power supply. Master of Science Thesis.* Patrik Ericsson & Ismir Fazlagic. Chalmers tekniska högskola, Göteborg 2008.

³⁴ Exempel från Vattenfalls råd om huvudsäkring i hemmet, <https://www.vattenfall.se/el-hem-till-dig/valj-ratt-huvudsakring/>, 2018-11-15.

Sjövägen (24x7m). Färjan tar 150 passagerare och har 500 kWh batterikapacitet. Laddeffekten för de båda färjorna har inte erhållits men företaget Green city ferries, som säljer elektriska pendelbåtar för ca 80 passagerare, anger att deras båtar kan snabbladdas med en effekt på upp till 1,6 MW. Även laddning med lägre effekt är möjligt.

Mellan Helsingborg-Helsingör har Scandlines driftsatt två batteridrivna bilfärjor (110x28m). Färjorna laddas med upp till 10 MW för att hinna ladda tillräcklig energimängd vid varje stopp. Färjorna kan nyttja dieseldrift i nödfall om till exempel en laddare skulle sluta fungera.

Småbåtar

Batteridrivna småbåtar finns i liten skala på dagens marknad, men ett ökat fokus på eldrift kan anas, precis som för i princip alla fordonstyper idag. Ett troligt scenario är att laddning vid storskalig elektrifiering av småbåtsflottan, primärt kommer ske med lägre effekt i hamn. Således kommer effektuttaget från elnätet sannolikt koncentreras till småbåtshamnarna.

Var finns laddare för bilar?

De mest synliga laddningsstationer finns i gatumark, men laddning sker framförallt i hemmet och i parkeringsanläggningar. Här är det normalladdning som är standard. Stockholms Parkering AB ansluter alla parkeringsgarage som de äger till nätet, och erbjuder i dagsläget ungefär 20 % av platser med laddningsmöjligheter. När de ansluter till nätet förbereder de för att alla platser ska kunna förses med laddningsmöjligheter, men i dagsläget bygger de ut och betalar service för 20 % av platserna. De erbjuder standard 3,7 kW anslutningar till kunderna. Det visar att snabbladdning inte behövs för de flesta kunderna. Stockholms Parkering använder dynamisk lastbalansering som tar hänsyn till hela fastigheten och utvecklar kontinuerligt lastbalanseringen i deras parkeringshus. Stockholms Parkering driver även parkeringsanläggningar där de inte är markägare. Här har de svårare att ansluta till nätet då det är oklart vem som ska betala. Affärsmodeller är generellt svårare med flera involverade aktörer och försvåras i dagsläget av korta avtal och låg betalningsvilja hos kund till följd av att det är få elbilsägare idag.

Det finns idag snabbladdare på gatumark och vissa verksamheter ser ett behov av snabbladdare, t ex taxi och bilpool. Användning av gatumark är också i marknadsföringssyfte, för att visa att laddningsinfrastruktur finns, men det kan bli mindre relevant i framtiden. Att det ska finnas snabbladdare på gatumark är ingen

självkklarhet då fysisk plats är begränsad och det offentliga rummet ska fylla många funktioner. Ultrasnabbladdare finns inte i Stockholm idag men det är tänkt att de i framtiden ska användas för ”tankningsärenden”, d.v.s. en funktion motsvarande dagens drivmedelsstationer. Dessa laddare kan sättas upp vid exempelvis bensinstationer, större vägar och infartsparkeringar.

Idag arbetar Stockholms stad mycket med att underlätta utbyggnad av laddare på gatumark genom deras arbete med laddgator. Det är dock inte här det största effektbehovet kommer att uppstå för personbilar – det är framförallt i parkeringshus och vid bostäder. De sistnämnda använder dock i regel normalladdning över längre tid, oftast över natten, och möjligheter till laststyrning är högre i dessa fall.

Totalt elbehov vid en storskalig elektrifiering av fordonsflottan

Det råder idag delade meningar om en storskalig elektrifiering av fordonsflottan kan innebära brist på el, totalt sett. Generellt verkar det dock inte ses som ett problem, delvis motiverat med att utvecklingen i andra sektorer leder till stora energibesparingar. Argument för att det kan bli ett problem relaterar inte sällan till att det blir svårt att med förnybara energikällor kompensera för en eventuell avveckling av svensk kärnkraft.

I Global EV Outlook 2017 uppskattas fyra miljoner elbilar år 2030 behöva ca 9 TWh i den nordiska regionen, vilket bedöms motsvara ca 2–3 procent av det totala energibehovet i regionen år 2030. I en artikel i Ny Teknik³⁵ presenteras en enklare uppskattning av energibehovet, antaget att samtliga personbilar i Sverige skulle ersättas med elbilar. Behovet uppskattas där till 12,2 TWh per år, motsvarande 8 % av Sveriges totala elproduktion 2016 och något högre än nettoexporten samma år (11,7 TWh). Beaktat energibehov från andra fordonstyper vid en storskalig elektrifiering, primärt tunga vägfordon och fartyg, kan andelen elektrisk energi till transportsektorn antas bli betydligt större.

Primärt är det dock kapacitetsproblem i elnätet som lyfts fram som en utmaning. Främst lokalt men även potentiella begränsningar i de regionala- och nationella elnäten har lyfts fram. Enligt Svenska Kraftnät kan det bli problem med elförsörjningen i Stockholmsregionen, även beaktat övriga trender som fler bostäder,

³⁵ Så ska elnätet försörja fem miljoner elbilar, 2018. Ny Teknik:
<https://www.nyteknik.se/fordon/sa-ska-elnatet-forsorja-fem-miljoner-elbilar-6895429> [2018-05-14]

verksamheter, etablering av serverhallar mm. Problemen går att bygga bort men det tar tid, uppskattningsvis 10–12 år för större kapacitetsförstärkande åtgärder. Således krävs framförhållning och strategiskt arbete för att minska ledtider, där lastprognoser (som görs av regionnäsägare) blir en viktig del att arbeta med. Idag tenderar elnäsåtgärder på lokalnivå att ske när behovet uppstår.

Detta speglas också i en rapport från PussEl-projektet, där det studerades hur en fullskalig elektrifiering av transportsektorn skulle påverka nätet i Göteborg³⁶. Ett scenario togs fram där personbilsresor skulle minska, medan användning av kollektivtrafik, bilpooler, taxi och elcyklar skulle öka. Även distributionstrafiken ökade i detta scenario. Normalladdning nattid antogs stå för majoriteten av laddningen. Scenariot bedömdes medföra en risk för överbelastning på distributionsnätet när belastningen är som högst. Ökningen från en storskalig elektrifiering motsvarar ungefär 10 % av totala energibehovet, och effekttoppen i nätet uppstår enligt beräkningar under tidig kväll i samband med hemkomst och övernattningsladdning. Med planlagd utbyggnad av nätet skulle elektrifiering av transportsektorn i sig inte medföra problem, men till följd av ökat energibehov i andra sektorer krävs det likväl ytterligare förstärkningsåtgärder.

Potentiellt effektuttag, geografiskt och över dygnet

De privata personbilarnas laddningsmönster, till stor del laddning med lägre effekt nattetid, kan bidra till ett mer jämnt effektuttag över dygnet. Bilarna har också stor geografisk spridning. Större parkeringsanläggningar med en stor andel laddplatser kan kräva högre effekt och lokala nätförstärkningar, likaså större bilpoolsetableringar, men generellt är det relativt låga effekter. Publika laddplatser behövs för bland annat besökare och publika snabbbladdare kan generera ett behov av högre kapacitet lokalt i elnätet. Normalt laddar dock en elbilsägare när hen ändå ska parkera. Här skymtas en beteendeförändring där ”tankning” inte längre blir ett ärende i sig. Således kan behovet av publika snabbbladdare för privatbilar i våra städer antas vara relativt litet, eftersom det är parkering som är det primära behovet och att elbilsägare då också passar på att ladda om det är möjligt. Utmaningen här är att inte icke eldrivna bilar ska fylla de parkeringsplatser som har laddmöjligheter.

³⁶ Vad behövs för att elektrifiera transportsystemet i Göteborg? PussEl projektrapport. 2018 https://www.goteborgenergi.se/DxF-44408010/PussEl_Vad_behovs_for_att_elektrifiera_transportsystemet_i_Goteborg.pdf?TS=636661163438750312 [2018-10-30]

Bilpooler etableras ofta centralt i städer där efterfrågan är större, vilket kan vara en utmaning i Stockholm då det finns ont om plats (fysiskt) för nya elinstallationer som förstärker elnätet.

Taxibilar behöver enkelt få tillgång till publika snabbbladdare för att kunna nyttja elbilar i verksamheten på ett fördelaktigt sätt. Att kunna ladda sporadiskt och snabbt är en stor fördel för denna typ av verksamhet eftersom bilar ofta nyttjas både dagtid och nattid. Det ställer krav på snabbbladdningsstationer runt om i Stockholm, med en ökad koncentration i stadens centrala delar där många av taxibilarna rör sig regelbundet. Det är dock ingen självklarhet att alla snabbbladdare i de centrala delarna av staden ska stå på offentlig mark.

De största lokala effektbehoven genereras av de tyngre fordonen. Bussdepåer, godsterminaler och hamnar kommer vid en storskalig elektrifiering att kräva hög effektkapacitet från elnätet, vilket bör beaktas i det strategiska arbetet. En möjlighet är att nyttja lokala nätförstärkningar vid dessa större etableringar även till laddplatser för personbilar i närområdet, där så är lämpligt ur ett trafikperspektiv.

Identifierade utmaningar

Den kanske största utmaningen är att det saknas förståelse av hur storskalig elektrifiering av transporter kan påverka nätet i Stockholm i framtiden. Vilka fordon som kommer att finnas, hur många de är, var de finns, samt deras laddningsbehov är inte känt i dagsläget. Utöver detta finns det en stor utmaning i att framtidens mobilitetsmönster sannolikt kommer att se annorlunda ut jämfört med dagsläget. För att nå de hållbarhetsmål som Stockholms stad har räcker det inte med att enbart elektrifiera befintliga transporter, det behövs också en förändring av transportbeteendet. Idag använder Ellevio lastprognoser på regionnätet som räknar med att 20 % av personbilsflottan är elbilar år 2030. Detta är långt ifrån stadens mål, men fullt rimligt utifrån hur långsamt utveckling går idag enligt Ellevio. En storskalig elektrifiering skulle antagligen medföra behov av förstärkningar i nätet – både i lokalnätet och regionnätet. Men förståelsen är låg och det behövs prognoser med flera scenarier, som tas fram i samverkan mellan olika aktörer, för att få en bättre förståelse för helheten.

Härefter följer en sammanfattning av de fysiska och tekniska utmaningar som har identifierats kopplat till en storskalig elektrifiering av fordonsflottan i Stockholms stad.

Planera och göra rum

Det finns flera utmaningar avseende användning av den offentliga miljön och befintliga planeringsprocesser, följande har identifierats:

- Det är svårt att hitta fysisk plats för nätstationer, framförallt i centrala delar av staden.
- Energi- och elnätbolag är generellt inte involverade i den kommunala planeringsprocessen idag.
- Det är möjligt att bygga bort effektbegränsningar men det kostar pengar och tar tid. På region- och nationellnivå tar det mycket lång tid och kräver stora investeringar. På lokal nivå kan det också kräva större investeringar, men det beror på hur mycket arbete som krävs för att ansluta till nätet.
- Stamnätet som försörjer Stockholm behöver förstärkas.
- Storskalig utbyggnad av infrastrukturen kräver arbetskraft och tillgängliga resurser är en bristvara i dagsläget till följd av ett stort antal byggprojekt i regionen.
- Det tar lång tid, framförallt för region- och stamnätet. Men även åtgärder på lokalnätet kan ta längre tid. Om flera anslutningar behövs kommer det att bli än mer tidskrävande framöver (om t.ex. antalet anslutningsansökningar fördubblas utan att tillgängliga resurser fördubblas). Processer / koordinering behöver vara snabbare och mer resurser behövs om en storskalig elektrifiering ska kunna hanteras på ett bra sätt.

Affärsmodeller och roller

- Modellen idag är att den organisation som vill ansluta till nätet ska betala för anslutningen. Om en annan aktör därefter sätter upp en laddstolpe bredvid blir det billigare för den aktören att ansluta till nätet eftersom att infrastrukturen redan är på plats. En ny modell krävs för att fördela infrastrukturkostnaden mer rättvist.
- En stor del av laddning kommer att ske i p-hus eller garage, och det är svårt att hitta betalningsvilja för laddningsinfrastruktur och högre elservice. För Stockholm Parkering fungerar det bra i anläggningar som de äger själva, men svårt med andra parkeringsanläggningar.
- Det kostar att bygga laddinfrastruktur och kostnaden hamnar idag till stor del på offentliga sektorn genom stödfinansiering och bidrag. Det är inte hållbart på längre sikt.
- Det är många aktörer som är involverade i en elektrifiering av transportsektorn och det behövs mer samordning för att främja utvecklingen på ett bra sätt. Där är dock svårt att få en överblick och förstå olika aktörers roller och avgöra vem som bör ta ansvar för vad.

Förstå behoven

- Lastprognoser, en uppskattning av framtida elnätsbehov är nyckeln till att förstå framtida effekt- och energibehov från elnätet. Det verkar endast finnas översiktliga utredningar för regionnätet i Stockholm avseende hur elfordon kommer att påverka belastningen på elnätet i framtiden och de tar enbart hänsyn till en låg nivå av elektrifiering för personbilar. Elektrifiering av andra fordon i olika tillämpningar beaktas ej.
- Snabbladdare behövs och för vissa tillämpningar med så hög effekt som möjligt. Tekniken utvecklas och ultrasnabbladdare (150–350 kW) kommer sannolikt att finnas i Stockholm framöver, vilket kan bli en större utmaning för elnätet.
- Tidsbegränsning för laddning är problematiskt. Att ladda en elbil är i regel inte ett ärende likt tankning av en konventionell bil utan elbilister vill gärna ladda när de ändå står parkerade. Förståelse för användning av olika laddningslösningar behövs.
- Elen används till mycket och ett ökat behov av elektrisk energi kan skymtas även för andra sektorer än transportsektorn. Det är ur ett nätperspektiv viktigt att se på helheten och lastbalansera utifrån det totala behovet.
- Hållbarhetsperspektivet. Vilken betydelse har batterier, elmixen i nätet m.m.?
- Hur laddningen kommer att fördelas mellan laddare i parkeringsgarage, laddare i gatumiljö, laddboxar i hemmet o.s.v. är oklart och beror på användningsområden. Detta behöver utredas vidare.
- Hög elanvändning i andra delar av landet kan påverka tillgången till el i Stockholm, och det behövs förståelse för elanvändningen på nationell nivå för att säkerställa att nätet kan klara av effekttoppar.
- Det är oklart vem som bör ta ansvar för en ökad förståelse för effekterna av användningen av elfordon i det framtida arbetet.

Stadens roll

Staden har en viktig roll som förvaltare av det offentliga rummet med ansvar för att skapa en trivsamt och funktionell stadsmiljö för alla som rör sig och är verksamma i staden. Användning av det offentliga rummet handlar om prioriteringar mellan olika intressenters önskemål där infrastruktur för att främja elektrifiering av transportsystemet är en pusselbit som ska passa in i helheten.

Utifrån de fysiska och tekniska aspekterna av en storskalig elektrifiering sammanfattas här vilken roll som staden kan ha för att underlätta övergången till en elektrifierad fordonsflotta. Detta avsnitt omfattar underlag från litteratur- och intervjustudien.

Fysiska platser för transformatorer

Den största utmaningen för en storskalig elektrifiering på lokalnivå är inte kapaciteten i nätet utan att hitta fysisk plats till nya nätstationer och elnätsförstärkningar. Staden har här en roll att stödja elnätsägare med att identifiera lämpliga platser / lösningar för att integrera ny infrastruktur i stadsmiljön.

Krav på laddplatser, nätstationer och nya (om-)byggnationer

Ett förslag till EU förordning, ”Energy Performance in Buildings Directive”, som troligtvis blir godkänt inom några månader ställer nya krav för laddplatser i anslutning till nya byggnader och vid större renoveringar av byggnader³⁷. I Sverige har Boverket fått i uppdrag av regeringen att föreslå hur svenska byggregler bör kompletteras med krav på laddinfrastruktur för elfordon. Uppdraget utgår från EU:s direktiv avseende byggnaders energiprestanda samt energieffektivitet och ska redovisas i maj 2019. Men det är inte enbart laddplatser som kan behövas utan även infrastruktur för elnätsförstärkning, t.ex. nätstationer (transformatorer). Det behöver föras en diskussion med lokal elnätsägare om detta i ett tidigt skede så att elnätsinfrastrukturen kan inkluderas i detaljplanen.

Snabba på processer

Om en storskalig elektrifiering av fordonsflottan ska ske snabbt behövs smidiga processer för att behandla ansökningar / anslutning till nätet. Här har staden en viktig roll, t.ex. gällande etablering av laddgator men också för att underlätta byggarbete som inkluderar potentiella behov av att stänga av gator och dirigera om trafik.

Samordning / dialog

Det finns många aktörer som är involverade i att möjliggöra en storskalig elektrifiering av fordonsflottan i Stockholm. Många av de aktörer som intervjuats i denna studie tycker att staden har en viktig roll för att samordna detta arbete. Detta inkluderar också ett effektivt samarbete mellan stadens olika förvaltningar som på olika sätt är involverade i en elektrifiering av fordonsflottan. Även Stockholms län anses vara en viktig aktör i sammanhanget då det finns synergier med rådande krav på länen att ta fram drivmedelsstrategier. En samordning på regional nivå kan vara fördelaktigt för att få en helhetsbild och få fram underlag som möjliggör mer detaljerade och rättvisande lastprognoser. Inte minst i Stockholmsregionen som består av ett större antal kommuner. Här

³⁷ Questions & Answers on Energy Performance in Buildings Directive
https://ec.europa.eu/info/news/questions-answers-energy-performance-buildings-directive-2018-apr-17_en [2018-05-14]

kan också staden spela en viktig roll genom att stödja arbetet och vara delaktig i planer som tas fram på regional nivå.

Bra med laddgator – överordnat tänk kring placering av laddstolpar

Intervjuade aktörer är generellt positiva till de satsningar på laddgator som staden har gjort. Det anses viktigt att staden kan ta en roll i placeringen av laddstolpar i offentlig miljö utifrån olika aktörers behov och krav. Olika aktörer har i detta avseende olika behov och önskemål som inte alltid ligger i linje med varandra. Staden får således en betydelsefull roll för att integrera laddmöjligheter i stadsmiljön, samtidigt som samhällsviktiga funktioner främjas och olika intressenters behov i möjligaste mån tillgodoses. Ett svårt men mycket viktigt arbete. I fortsatt arbete kan även staden spela en roll genom att ta fram en ”laddplan” för staden med syfte att få igång en dialog och identifiera alla sektorer som ska vara med.

Vara i framkanten

I litteraturen belyses stadens roll i att främja användning av elfordon och sprida kunskap om de möjligheter som finns genom olika policyinitiativ³⁸. Denna aspekt har inom studien också lyfts fram av representanter från Oslo och Arnhem.

³⁸ House of Commons Library. Briefing Paper Number CBP07480, 20 February 2018. Electric Vehicles and Infrastructure

Analys och slutsatser

Den huvudsakligen slutsatsen är att den totala mängden el som produceras i Sverige kommer att täcka en ökad elektrifiering inom olika verksamheter (inkl. en elektrifierad fordonsflotta) enligt befintliga prognoser. Det saknas däremot en proaktiv strategisk planering för elnätet.

Det finns vissa problem med att elförsörja Stockholm i ett större perspektiv såväl som problem med att elförsörja specifika platser i Stockholm, beaktat en förväntad ökning av elanvändning till följd av stadens tillväxt och en storskalig elektrifiering av fordonsflottan (samt en ökad elektrifiering inom andra verksamheter). Dessa problem går att bygga bort. Främst finns det begränsningar regionalt då stamnätet som försörjer Stockholm behöver förstärkas och de infrastruktursatsningar som krävs tar lång tid att genomföra (10–12 år). Vissa uppgraderingar är redan på gång men ytterligare åtgärder kommer att krävas framöver.

På lokalnivå krävs det ofta ny infrastruktur vid anslutning till nätet. Hur mycket infrastruktur som krävs beror på effektbehovet som tillkommer vid anslutning, samt befintlig kapacitet i det lokala nätet. Om effektbehovet är stort kan det behövas nya nätstationer och den största utmaningen med detta i Stockholm är att hitta plats fysiskt i den befintliga stadsmiljön.

Det finns många aktörer som behöver vara med och stötta en övergång till en storskalig elektrifiering av fordonsflottan, t.ex:

- Elnätsägare på lokal-, regional- och nationell-/stamnätsnivå,
- Aktörer som har särskilda elförsörjningsbehov för fordon (t.ex. kollektivtrafiken (SLL), taxibranschen, bilpooler, hamnar och företag med tunga transportfordon och/eller stationära arbetsmaskiner),
- Företag som etablerar och förvaltar laddstationer,
- Kommuner och regionen.

Alla aktörer måste vara involverade för att bäst förstå hur behoven ser ut idag och hur de kommer att se ut i framtiden, samt för att förstå hur elnätet behöver förstärkas och byggas ut.

I Nederländerna, har en särskild stiftelse satts samman av elnätsägarna med uppdrag att ta reda på vad som behöver göras för att möjliggöra en storskalig elektrifiering av transportsektorn i Nederländerna. I Sverige finns det idag inte någon motsvarighet till detta och det kan finnas ett glapp i förståelsen för vad en elektrifiering av fordonsflottan kan betyda i de lastprognoser som tas fram av regionnätsägare idag. Detta är en fråga som bör tas upp

nationellt och/eller på regional nivå i Stockholm, och där staden kan delta aktivt med underlag för att underlätta framtagandet av lastprognoserna.

Det behövs ett helhetsgrepp för att främja en elektrifiering av fordonsflottan i Stockholm där nuvarande och framtida behov identifieras. Idag bestäms nya anslutningar till lokalnätet från fall till fall utan långsiktiga planer. Mer långsiktigt tänk behövs för att klara av en elektrifiering, inte minst för att resurserna (för förstärkningsarbeten m.m.) ska räcka till. Det är osäkert vem som bör ta ansvaret för detta men möjligen bör staden ta en ledande roll genom att samordna arbetet och upprätthålla en dialog aktörerna emellan.

Stockholms stad har framförallt en roll i utbyggnaden av laddstationer för fordon på lokalnivå. Här krävs det samordning mellan olika aktörer samt att staden förmedlar stöd och förståelse för var laddplatser ska placeras ur ett trafik- och samhällsperspektiv. Ur ett elnätsperspektiv krävs input från elnätsägaren Ellevio och det finns idag förbättringspotential avseende samverkan mellan Stockholm stad och Ellevio.

Det saknas en övergripande samordning av elnätsinfrastrukturen i dagsläget. För exempelvis transportinfrastruktur ansvarar Trafikverket för den nationella infrastrukturen men utveckling av infrastrukturen sker i samråd med berörda regioner och kommuner. Ett motsvarande upplägg saknas för elnätsinfrastrukturen, vilket kan bero på att det endast är kommersiella aktörer som ansvarar för elnäten och att synkronisering mellan olika elnät således sker genom affärsuppgörelser.

Att planera för transportsektorns framtida behov av elektrisk energi är mycket svårt. Alla som på ett eller annat sätt medverkat i denna studie verkar vara överens om att samverkan är vägen framåt, men det är oklart vem som ska ha huvudansvaret. En effektiv samverkan kräver också en gemensam målbild. Idag har Stockholm läns landsting (regionen) en målbild för elfordon år 2040, Stockholm stad (kommunen) har en målbild för 2030 och Ellevio (ägare region- och lokalnät) har en prognos för år 2030, som inte är kopplad till någon målbild utan är en översiktlig prognos baserad på rådande utveckling. Sammantaget finns det ett stort gap mellan olika målbilder och prognoser som försvårar samverkan.

Trafik- och transportplanering

Elektrifiering ses som en del av lösningen för att uppnå ett hållbart transportsystem, men det är viktigt att komma ihåg att det inte är hela svaret. Stockholm har också som mål att främja kapacitetsstarka färdmedel i staden för att möjliggöra en tät och funktionell stad. Det blir således en avvägning för att främja både en elektrifiering av fordonsflottan och kapacitetsstarka färdmedel, och samtidigt beakta andra intressen som gör anspråk på den offentliga miljön. Platsbrist i staden återkommer i studien som en stor utmaning och laddplatser för personbilar är ett exempel på åtgärd som kan konkurrera med andra behov i staden.

Helhetsbilden är viktig. En ökad elektrifiering är önskvärt och laddinfrastruktur för privatbilar är en del av detta. Därutöver behövs förståelse för behov i andra delar av trafiksystemet, t.ex. taxi, bilpooler, bussar, leveranstrafik, färjor m.fl. Hur färdmedelsfördelningen ska se ut i framtiden, och hur staden vill att det ska se ut i framtiden för att nå sina hållbarhetsmål, är en viktig del som måste beaktas.

Rekommendationer och nästa steg

Rekommendationer

Det saknas idag en proaktiv strategisk planering för elnätet avseende laddningsbehov och för laddningsinfrastruktur utifrån elnätets förutsättningar. Detta behövs för att en storskalig elektrifiering ska kunna hanteras och främjas. Här kan staden ta en samordnande roll eller verka aktivt för en samordning på regional nivå.

Utifrån resultaten i denna studie presenteras här efter ett antal rekommendationer till Stockholms stad för att säkerställa att en storskalig elektrifiering av fordonsflottan går att genomföra.

Rekommendationer för att stödja den utbyggnad av elnätet som krävs lokalt:

- Fortsätt arbetet med normalladdning i P-hus och i hemmet samt med att stötta bostadsrättsföreningar att sätta upp laddinfrastruktur i anslutning till bostaden. Detta arbete beskrivs på www.fixaladdplats.se. Mycket tyder på att detta kommer täcka det primära laddbehovet för personbilar även i framtiden.
- Ta hänsyn till behov av elnätsinfrastruktur i planeringsprocessen – framförallt avseende placering av transformatorer. Det måste finnas plats till transformatorer i staden och dialog om behov och placering bör inkluderas i plan- och byggprocessen i ett tidigt skede. Det är viktigt och bör prioriteras högt.
- Beakta elbehovet direkt från start – d.v.s. även under byggprocessen (elektrifiering av arbetsmaskiner).
- Fortsätt arbetet med lämpliga platser för laddning inom ramen för en långsiktig strategisk plan. Arbetet bör också rikta sig mot parkeringsbolag och fastighetsägare, då laddplatser i offentlig miljö endast är en del av systemet. Detta kan användas som underlag till arbetet med lastprognoser för elnätet.
- Utveckla laddmöjligheter i staden genom diskussioner med bl.a. elnätsägare avseende lämpliga platser.
- Stöd lastprognoser som tas fram av regionalnätsägare genom att förmedla underlag som förbättrar förståelsen för laddbehov och belastning på elnätet.
Kommunen tar fram ett långsiktigt mål för hur många laddare som ska implementeras, och var dessa i huvudsak

ska placeras (gatumark/ parkeringshus/privat mark till exempel vid bensinstationer).

Rekommendationer gällande samverkan för att klara en storskalig elektrifiering av fordonsflottan i Stockholm:

- Främja samverkan mellan aktörer från de branscher som är av betydelse för en elektrifiering av fordonsflottan.
- Synkronisera byggarbeten mellan stadens förvaltningar och projekt så att samma område inte grävs upp flera gånger i onödan.
- Enas om en målbild och planera för att möjliggöra måluppfyllnad. Låt målbilden styra och synkronisera arbetet på regional- och lokal nivå, både inom offentlig sektor och tillsammans med elnätsägare och andra kommersiella aktörer. Detta kan ge värdefull input till lastprognoser och öka detaljeringsgraden i dessa. Lastprognoser bör om möjligt innefatta olika scenarier som också beaktar nya tekniska lösningar, t.ex. V2G.
- Staden ska främja samordning i frågan på regional nivå, genom att delta aktivt i det arbete som pågår i länet. Sveriges länsstyrelser har fått i uppdrag att bland annat samordna åtgärder för fossilfria transporter och ta fram regionala planer för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel. Avseende elektrifiering kan staden ta en aktiv roll i arbetet.

Rekommendation för att stödja nya sätt att lastbalansera

- Främja tester med ny teknik såsom V2G, batteribanker, smart lastbalansering i olika verksamheter (till exempel taxi, laddning i parkeringsgarage m.m.). Staden kan ha en roll i att stödja test av olika lösningar inom forsknings- och demoprojekt och i living labs.

Nästa steg

I ett nästa steg bör det prioriteras att hitta samverkansformer mellan kommuner, landsting och näringsliv (inklusive elnätsbolag), för att därigenom driva arbetet vidare på ett effektivt sätt.

Referenslista

Litteratur och publikationer

Ericsson, P & Fazlagic, I (2008). *Shore-side power supply*. Master of Science Thesis, Chalmers, Göteborg

Europeiska Unionen (2014). Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure

García-Olivares, A, et al (2018). *Transportation in a 100% renewable energy system*. Energy Conversion and Management 158:266–285.

House of Commons Library (2018). *Electric Vehicles and Infrastructure*. Briefing Paper Number CBP07480, February 2018

International Energy Agency (2018). *Nordic EV Outlook 2018. Insights from leaders in Electric Mobility*. OECD/IEA

MIT (2017). *The case for building electric roads*. MIT Technology Review, 18 maj 2017

My Electric Avenue, Summary Report (2016). Available at:
<http://myelectricavenue.info/learning-outcomes>

Power Circle (2018). *Elnätets roll i framtidens energisystem: Möjligheter, hinder och drivkrafter för smarta elnätslösningar*

PussEL projektrapport (2018). *Vad behövs för att elektrifiera transportsystemet i Göteborg?*. Hämtad 2018-10-30:
https://www.goteborgenergi.se/DxF-44408010/PussEL_Vad_behovs_for_att_elektrifiera_transportsystemet_i_Goteborg.pdf?TS=636661163438750312

SCB & Trafikanalys (2018). Sveriges officiella statistik. Fordon 2017

Silfverstolpe, H (2016). *Laddinfrastruktur i Stockholm. Långsiktigt mål*. WSP Rapport. Uppdragsgivare: Trafikkontoret, Stockholms Stad

Stockholms Hamnar (2017). *Fossilbränslefri sjöfart*. Uppdrag inom Strategi för fossilbränslefritt Stockholm 2040

Stockholms Läns Landsting (2017). *Förslag till klimatfärdplan 2050 för Stockholmsregionen*. Remisshandling, 27 juni – 2 oktober 2017

Stockholms stad (2016). *Strategi för fossilbränslefritt Stockholm 2040*. Stadsledningskontoret, december 2016

Stockholms stad (2017). *Långsiktigt mål för laddinfrastruktur i Stockholms stad*. Utlåtande 2017:120 RV+VII (Dnr 124–545/2017)

Stockholms stad (2018). *Utvärdering av publik laddning för elbilar i Stockholms stad*. Miljöförvaltningen, april 2018

Taljegard, M (2017). *The impact of an Electrification of Road Transportation on the Electricity system in Scandinavia*. Licentiate degree in Engineering, Chalmers, Göteborg

Treiber & Bark (2016). *Elektrifierade fordon för citydistribution av styckegods med elförsörjning under färd*. TFK Rapport 2016:2

World Economic Forum (2017). *The Future of Electricity: New Technologies Transforming the Grid Edge*

Webb

Cenex

<http://www.cenex.co.uk/vehicle-to-grid/> [2018-05-14]

Europeiska Kommissionen

https://ec.europa.eu/info/news/questions-answers-energy-performance-buildings-directive-2018-apr-17_en [2018-05-14]

Ny Teknik

<https://www.nyteknik.se/fordon/sa-ska-elnatet-forsorja-fem-miljoner-elbilar-6895429> [2018-05-14]

<https://www.nyteknik.se/energi/de-bygger-smartaste-elnatet-dar-elbilar-ska-hindra-effektbristen-6895449#author> [2018-05-11]

Ovo Energy

<https://www.ovoenergy.com/guides/electric-cars/vehicle-to-grid-technology.html> [2018-05-14]

Sustainable innovation

<http://www.sust.se/projekt/vaxel/> [2018-05-14]

Vattenfall

<https://www.vattenfalldistribution.se/el-hem-till-dig/valj-ratt-huvudsakring/> [2018-11-15]

Bilaga 1 Intervjupersoner

Följande personer har intervjuats inom studien. Stort tack till alla medverkande för deras tid och input.

- Albin Kjellberg, Ellevio
- Belan Bahram, Taxi Stockholm
- Fredrik Ellsäter, DriveNow
- Fredrik Nordin, Clever
- Fredrik Söderholm, Stockholm Parkering
- Geo Axelsson, Ellevio
- Hans Ankergård, Postnord
- Isbi Felix, Ellevio
- Johan von Post, Stockholm Parkering
- Jonas Eriksson, Göteborg Stads Parkering
- Lars Davidsen, Hafslund
- Lisbet Karlsson, Postnord
- Marianne Mölmen, Oslo kommune
- Martin Ranlöf, Svenska Kraftnät
- Mattias Vendel, E.ON
- Patrick Anderberg, No Picnic
- Peter Swart, Municipality of Arnhem
- Stefan Pettersson, RISE

Bilaga 2 Intervjufrågor

Frågor anpassades i viss mån beroende på vilken typ av aktör som intervjuades.

Syfte: att förstå vilka utmaningar som finns avseende kapacitet i elnätet med hänsyn till en storskalig elektrifiering av fordonsflottan, och vilken roll staden kan ta för att främja en elektrifiering av fordonsflottan.

Vad innebär en storskalig elektrifiering, finns det några hinder för det? Vad ser aktörerna för utmaningar och möjligheter? Vad måste göras och vad kan staden göra eller bidra med? Fokus i intervjustudien är på de tekniska och fysiska aspekterna.

1. Klarar Stockholm/Göteborg/Malmö av en storskalig elektrifiering av fordonsflottan inom 15 år? D.v.s. går det att försörja cirka 80 % av alla fordon med el till år 2030? Vad finns det för eventuella problem som behöver lösas tekniskt, praktiskt eller juridiskt? Hur och vem kan/bör lösa detta? Vilken roll kan staden ta?
2. Beskrivning av er roll avseende en storskalig elektrifiering och hantering av potentiella kapacitetsproblem?
3. Tidigare studier / prognoser – kapacitetsproblem:
 - Har ni gjort några utredningar eller beräkningar som kan vara relevanta för vår utredning? (elbehov för elfordon, geografisk analys av var elnätet behöver förstärkas m.h.t. laddinfra m.m.)
 - För olika användningsområden och olika fordonstyper?
 - På vilken geografisk nivå har ni gjort studierna?
 - Kan vi få ta del av dessa?
 - Är det några särskilda kapacitetsproblem som ni tror kommer uppstå?
 - Har ni haft diskussion med elnätsägare / elleverantörer?
 - Gör ni någon särskild uppföljning och / eller datainsamling?

4. Samarbete med andra aktörer:

- Vilka aktörer har ni kontakt med i detta avseende?
 - Transportföretag? Nätägare? Elhandelsbolag?
 - Fordonstillverkare?
 - Kollektivtrafikoperatörer/Bussoperatörer?
 - Rederier?
- Hur samarbetar ni med externa aktörer?
- Vilka ser ni som nyckelaktörer för en storskalig elektrifiering?

5. Stadens roll:

- Vilken roll har staden idag och vilken roll bör staden ta?

6. Gör ni någon särskild uppföljning och / eller datainsamling?