

Vad behövs för att elektrifiera transportsystemet i Göteborg?



Detta är en studie om vad som krävs för att elektrifiera hela transportsystemet i Göteborgs kommun till 2030. Studien är framtagen i ett samarbete mellan ABB, Göteborg Energi, Sweco, Vattenfall, AB Volvo och Volvo Cars.

Studien benämns PussEl och är uppdelad i tio delområden och pusselbitar som behandlar olika frågeställningar vilka påverkar eller kan utgöra hinder för elektrifieringen av transportsystemet. Syftet med studien är bland annat att starta en informerad debatt om nyttor och kostnader samt behov av ytterligare styrmedel och politiskt ledarskap.



EXECUTIVE SUMMARY

In Sweden, the national climate goal of 70 percent lower greenhouse gas emissions from domestic transports by 2030 can be a driver for the transition to an electrified transport sector. Electrification of the vehicle fleet in the municipality of Gothenburg would bring significant change for the current city life, as well as new possibilities for planning sustainable city districts. The changes include benefits like reduced noise levels, improved air quality, and reduced greenhouse gas emissions, which altogether would improve the residents' health and quality of life. Moreover, the city would be considered more attractive and the value of land and real estate can increase. In a cleaner city, more areas can be built or alternatively converted into attractive green areas that can be used by businesses or as public areas.

Another impact of the electrification would be that large volumes of biofuels would be substituted by electricity, for example, biogas used in city buses today. These biofuels could be used in other sectors within the region, for example, regional buses or commercial heavy goods vehicles. In this way, electrification can further contribute to the phase out fossil fuels. Also, an investment in infrastructure for liquefied biogas would increase the possibility of transporting gas over longer distances and thus open for more fields of applications for released biofuels.

An electrified transport sector in the municipality of Gothenburg will result in a higher demand for electric energy and power within the region. However, this report shows that the capacity available in the distribution grid in Gothenburg today is sufficient to handle the electrification in total. Moreover, the domestic electricity generation in Sweden is likely sufficient to feed the local grid and meet the additional energy and power requirements. However, local bottlenecks for peak power may occur due to the current design of the electric grid and the fact that charging patterns can be difficult to predict. There is already a plan to strengthen the regional grid to ensure sufficient capacity and enable future growth in the region. However, an electrification of the transport sector will, due to extensive development of charging infrastructure, use part of that grid expansion and thus reduce the opportunities for other demand growth within the municipality. This underlines the need for smart charging.

To optimize the use of the existing grid, smart and controllable charging infrastructure that can detect current grid load and spread the local charging evenly throughout the day, will be required. However, the policy measures that today aim to promote a deployment of charging infrastructure do not steer towards equipment prepared for load management. The project group argue that a support for installation of charging points should be conditioned with smart charging by the year of 2022, i.e technical capability to control charging over time, power output, and energy. This allows for efficient utilization of the electricity grid and a reduced investment need in enhanced transmission capacity. At a local level, efforts should be for a gradual introduction of environmental zones with the aim to put in place an "environmental zone 3" allowing only zero emission vehicles by the year 2030. Within the region, the project group suggests an intensified focus on public transport with active management and a support for a transition to emission free public vehicles that can serve as a good example for a transition also in other sectors.

To achieve the goal of 70 percent lower greenhouse gas emissions from domestic transport by 2030, the efforts to design effective policy measures that promote the transition must start today. For actors, such as Västtrafik, the changes are mainly done when new traffic agreements are being concluded. Traffic agreements then last for 10 years, which means that the prerequisites must be clear when the procurement process begins.

The procurement process in the regional public transport authority Västtrafik for traffic that will start between 2020 and 2030 is already in progress with an outlook of which adjustments that are needed before 2035. This means that plans for charging infrastructure, depot placement, and other infrastructure must already be established. Decisions on regulations, policy instruments and initiatives are taken at different levels – local, regional, national, and on EU level – and they often have long lead times. To electrify the transport sector in Gothenburg municipality, and other Swedish cities, by 2030, and benefit from the advantages of electrification, a number of investigations and planning efforts need to start in the nearest future (2018-2019).

SAMMANFATTNING

Nationella mål om 70 procent lägre växthusgasutsläpp från inrikes transporter till år 2030 driver på omställningen till en elektrifierad transportsektor. En omfattande elektrifiering av fordonsflottan i Göteborg skulle innebära stora nyttor för den nuvarande staden och öka möjligheterna att planera framtidens hållbara stadsdelar, både geografiskt och socialt. Omställningen bidrar till nyttor i form av minskade bullernivåer, förbättrad luftkvalitet och minskade växthusgasutsläpp, vilka alla har stor effekt på invånarnas hälsa och livskvalitet. Om trafikens negativa påverkan minskar kommer staden att upplevas attraktivare och värdet på mark och fastigheter kommer att öka. I en renare och tystare stad kan fler ytor bebyggas alternativt göras om till attraktiva utomhusmiljöer som kan användas av näringsidkare eller som offentliga mötesplatser.

Utöver nyttor för stadens attraktivitet och invånarnas hälsa kommer en elektrifiering att frigöra stora volymer av förnyelsebara drivmedel. Detta gäller inte minst biogas som idag används inom stadens kollektivtrafik. En övergång till eldrift inom kollektivtrafiken möjliggör därmed en utökad användning av biodrivmedel inom andra sektorer inom regionen. Exempelvis kan den biogas som idag används i stadsbussar istället flyttas utanför staden för att användas i regionbussar och för regionala och långväga godstransporter. På så sätt kan elektrifieringen ytterligare bidra till utfasningen av fossila bränslen. En satsning på förvätskning av biogas skulle öka möjligheten att transportera gasen längre sträckor och därmed öppna upp för ännu flera användningsområden för frigjorda biodrivmedel såväl i transportsektorn som i industri- och energisystemet.

Om transportsektorn i Göteborgs kommun elektrifieras kommer det innebära ett ökat energi- och effektbehov i regionen. Projektet visar på att den kapacitet som idag finns tillgänglig i Göteborgs lokalnät är tillräcklig för att klara av omställningen totalt sett. Om elnätet dimensioneras med en enhetsreserv och dessutom kompletteras med efterfrågeflexibilitet och möjlighet till snabb bortkoppling av viss last får det betraktas som att det finns mycket stor kapacitet i det befintliga nätet. Likaså är den inhemska elproduktionen i Sverige tillräcklig för att mata lokalnätet och tillgodose det tillkommande energi- och effektbehovet. Dock riskerar lokala effektproblem att uppstå till följd av nätets utformning och det faktum att laddningsmönster kan vara svåra att förutsäga. I dagsläget planeras en förstärkning av regionnätet för att säkerställa tillräcklig kapacitet och möjliggöra för en framtida tillväxt inom regionen. En elektrifiering av transportsektorn skulle dock använda delar av detta utrymme, och därmed minska möjligheterna för annan tillväxt inom kommunen, i och med den kraftiga utbyggnad av laddinfrastruktur som skulle krävas för att tillgodose det

ökade laddbehovet. Smart laddning, det vill säga dynamiskt behovsstyrd laddning snarare än "alltid ladda fullt" kan dock kompensera behovet av nätförstärkning. För att maximalt nyttja befintligt nät och minimera nätinvesteringar kommer det krävas styrbar och smart laddinfrastruktur som känner av aktuell nätbelastning och i möjligaste mån fördelar lokala laddbehov jämnt över dygnets timmar.

Ett hinder för denna utveckling är att de styrmedel som idag syftar till att främja en utbyggnad av laddinfrastruktur inte premierar utrustning som är förberedd för laststyrning. Studien visar att ett stöd till installation av laddpunkter från och med år 2022 bör villkoras med framtida möjlighet till smart laddning, det vill säga teknisk möjlighet till styrning av laddning avseende tid, effektuttag och energimängd. Detta bäddar för ett effektivt utnyttjande av elnätet och ett minskat investeringsbehov i förstärkt överföringskapacitet. På lokal nivå bör beslut fattas om stegvis införande av miljözoner med mål om en miljözon 3 som endast tillåter nollemissionsdrift fram till år 2030. Inom regionen föreslår vi en intensifierad satsning på kollektivtrafik med aktiv styrning och ett stöd för omställning till emissionsfria kollektiva fordon som kan fungera som ett bra exempel och bana väg för en omställning även inom andra sektorer.

För att vi ska nå mål om 70 procent lägre växthusgasutsläpp från inrikes transporter till år 2030 behöver arbetet med att utforma styrmedel som främjar omställningen påbörjas redan idag. För aktörer som exempelvis Västtrafik sker förändringarna i huvudsak i samband att nya trafikavtal sluts. Trafikavtalen löper på cirka 10 år, vilket gör att förutsättningarna behöver vara tydliga när upphandlingsprocessen påbörjas. Inom Västtrafik pågår planering för den trafik som upphandlas för trafikstart mellan åren 2020 och 2023 med utblick mot vilka anpassningar som behövs mot 2035. Det innebär att redan nu behöver planer för laddinfrastruktur, depåplacering och övrig infrastruktur fastställas. Beslut om styrmedel och initiativ tas på olika nivåer – lokalt, regionalt, nationellt samt på EU-nivå – och de har ofta långa ledtider. För att möjliggöra en elektrifiering av transportsektorn i såväl Göteborg som andra svenska städer innan år 2030, och därmed väcka de nyttor som en elektrifiering medför, behöver därför ett antal utredningar och planeringsinsatser – exempelvis utbyggnadsplanering för laddinfrastruktur, utredning om införande av miljözoner och stöd till elektrifierad kollektivtrafik – tillsättas omgående.

Innehåll

1	Bakgrund.....	1
1.1	Syfte.....	1
1.1.1	Avgränsningar.....	2
2	Pusselbit 1: Värde och nytta.....	3
2.1	Luftkvalitet.....	4
2.2	Koldioxidutsläpp.....	5
2.3	Buller.....	5
3	Pusselbit 2: Energi- och effektbehov.....	7
3.1	Dagens transport- och trafikarbete.....	7
3.2	Transport- och trafikarbete med en elektrifierad transportsektor.....	7
3.2.1	Modellantaganden.....	8
3.2.2	Resultat.....	9
3.2.3	Energibehov i omgivande kommuner.....	11
3.2.4	Diskussion och analys.....	13
4	Pusselbit 3: Generering och transferering av elenergi.....	14
4.1	Sveriges el-energibalans fram till 2030.....	14
4.2	Sveriges effektbalans fram till 2030.....	16
4.3	Överföringssystemets kapacitet in till Göteborgsregionen.....	17
5	Pusselbit 4: Eldistribution i Göteborg.....	20
5.1	Regionnät.....	20
5.2	Lokalnät.....	20
5.3	Dimensionering och kapacitet.....	21
5.4	Laddinfrastruktur.....	22
5.4.1	Utredning av bussdepåer och ändhållplatsladdning.....	22
5.5	Utredning av typiska laddplatser för privatbilar.....	23
5.5.1	Småhusområde.....	23
5.5.2	Tariffer och styrning.....	24
5.5.3	Parkeringshus.....	24
5.6	Elkvalitet.....	25
6	Pusselbit 5: Investeringar och kostnader.....	26
6.1	Elnätet.....	26
6.2	Professionella åkare.....	26
6.3	Privatpersoner.....	27
6.4	Fastighetsägare med många parkeringsplatser.....	27
6.5	Laddinfrastruktur och nya tjänster.....	28

6.6	Omfördelning av skatter	28
7	Pusselbit 6: Vad kan vi jämföra med?.....	29
7.1	Västlänken	29
7.2	Förbifart Stockholm	29
7.3	Citytunneln i Malmö.....	29
7.4	Sydvästlänken.....	30
7.5	Lärdomar från Shenzhen.....	30
8	Pusselbit 7: Batterier och laddmöjligheter.....	31
8.1	Kostnadsutveckling för batterier	31
8.2	Batterikapacitet i fordon och laddningsinfrastruktur	31
8.3	Miljöpåverkan av batterier	32
9	Pusselbit 8: Frigörande av biodrivmedel.....	34
10	Pusselbit 9: Styrmedel och politiskt ledarskap.....	35
10.1	Nulägesanalys.....	35
10.2	Beslut om styrmedel.....	36
10.2.1	På lokal nivå.....	36
10.2.2	Regional nivå	36
10.2.3	Nationell nivå.....	36
10.2.4	Övrigt	36
11	Pusselbit 10: Vad behöver göras när?	37
12	Rekommendationer	38
	Bilaga 1 – Energi- och effektmodell	39
	Bilaga 2 – Trafikanalys	43
	Bilaga 3 – Examensarbete med utgångspunkt i elektrifieringen.....	44
	Bilaga 4 – Examensarbete inom förnybar elproduktion och genereringskapacitet för att klara det omfattande elektrifieringsarbete i Göteborgs kommun.....	45

1 Bakgrund

Över hälften av världens befolkning bor i urbana områden och år 2050 väntas andelen ha stigit till 70 procent. Ett av FN:s globala mål är att vi år 2030 ska ha hållbara städer och samhällen, där transportsystemen är ekonomiskt överkomliga, tillgängliga och hållbara för alla. Ett annat av målen handlar om att säkerställa att alla har tillgång till hållbar energi så att utsläppen minskar. Det ställer stora krav både på städerna och på privata aktörer som transportbolag och energisektorn.

Med hänsyn till nationella mål om 70 procent lägre växthusgasutsläpp från inrikes transporter till år 2030 har omställningen till en elektrifierad transportsektor hittills gått långsamt. Enligt Power Circle – som varje månad publicerar statistik över beståndet av laddbara fordon i Sverige – verkar intresset för laddbara bilar dock öka bland svenska bilägare. I april 2018 var det totala antalet laddbara fordon i Sverige drygt 52 318 och prognosen visar på 79 500 registrerade fordon¹ i slutet av året. Under 2017 var antalet nybilsregistrerade laddbara fordon i Sverige 38 988 stycken, vilket motsvarade knappt 10 % av det totala antalet nybilsregistreringar². Ett ökande intresse och acceptabel ekonomi för bilägare är en förutsättning för att antalet elfordon ska fortsätta att öka och inom en relativt snar framtid utgöra den största andelen av registrerade fordon i Sverige. Men siffrorna på laddbara fordon i dagens trafik betyder att det är bråttom – förutom vikten av fortsatt fordonsutveckling och visst omställningsstöd behöver potentiella möjligheter och hinder ständigt uppmärksammas och utvärderas.

Det är många aktörer och sektorer som påverkas vid omställningen till en fossilfri fordonsflotta och ett gott samarbete är essentiellt för att lyckas hitta de bästa lösningarna. Grundidén bakom projektet PussEI är att tydliggöra vad som krävs för att skapa en elektrifierat transportsystem i en större stad och när denna omställning behöver ta fart för att nå uppsatta mål om minst 70 % fossilfria transporter innan år 2030. Det råder en ökande samstämmighet att elektrifieringen av transportsystemet i städer kommer vara avgörande för att nå målen både direkt men även genom att frigöra förnybara drivmedel som kommer behövas för transporter som kommer vara mer utmanande att elektrifiera både tekniskt och ekonomiskt.

För att svara på detta har ABB, AB Volvo, Sweco, Göteborg energi elnät, Vattenfall och Volvo Cars gemensamt utrett vilka pusselbitar som kommer att krävas för att elektrifiera transportsystemet i svenska städer till 2030 med Göteborg som beräkningsexempel. Genom att analysera vilka förutsättningar som krävs för att uppnå en elektrifiering samt vilka kostnader och nyttor detta innebär syftar projektet till att bedöma huruvida en elektrifiering är möjlig.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att undersöka vilka förutsättningar som krävs för att uppnå en elektrifierad transportsektor i Göteborgs kommun fram till år 2030 samt att analysera vilka kostnader och nyttor det skulle innebära.

Projektet avser lyfta och diskutera frågor som:

- Vilka nyttor medför en elektrifiering av transportsektorn?
- Hur påverkar en elektrifierad fordonsflotta de lokala och regionala elnäten?
- Vilka aktuella regleringar behöver justeras för att nå en hundra procent elektrifierad transportsektor i Göteborg innerstad?

¹ <https://www.elbilsstatistik.se/>

² SCB, Fordonsstatistik januari 2006 – maj 2018

- o Vilka politiska beslut behöver tas?
- Behöver förändringar göras i befintligt nät och när måste detta börja planeras sett till ledtider?
 - o Finns alternativa lösningar på eventuellt kapacitetsproblem?
- Vilka stora hinder finns på vägen och hur kan och ska dessa rivas?
- När måste olika beslut fattas för att det ska gå att genomföra praktiskt?
- Vilka incitament behöver skapas för att driva förändringen?

1.1.1 Avgränsningar

Projektets systemgränser ramar in Göteborg och omfattar väg-, cykel- och båttrafik som sker i Göteborgs kommun. Men även energibehov för pendling från omgivande kommuner in till Göteborg har uppskattats.

Uppskattningarna av energi och effektbehov grundar sig i data från trängselskattkameror och trafikflödesmätningar. Denna typ av data kan inte ge en full förståelse för hur trafikflödena ser ut, men den kan användas för generella uppskattningar av hur trafiken i området ser ut och vilket potentiellt energi- och effektbehov som elfordon kan medföra.

Analyserna fokuserar på år 2030, och en rad antaganden har gjorts gällande hur fordon, infrastruktur och trafiksystem kan se ut då.

2 Pusselbit 1: Värde och nyttor

Det finns ett flertal nyttor och värden med att elektrifiera transportsektorn i svenska städer. Att lyckas med en fullständig elektrifiering kräver dock långtgående satsningar och kraftfulla åtgärder vilka behöver starta omgående. De samhällsekonomiska (kvantifierbara) nyttorna, inklusive lokala luftföroreningar, buller och växthusgasutsläpp, av ett elektrifierat transportsystem i Göteborg landar i häradet 800–2000 MSEK per år. Till detta ska läggas indirekta värden som kommer genom att ligga i framkant vad gäller elektrifiering avseende exempelvis stadens attraktivitet och varumärke, vilket i sin tur stimulerar stadens näringsliv, akademi och besöksnäring. Det som krävs för att placera sig i framkant och väcka sådana nyttor är främst styrmedel och politiskt initiativ, såväl på lokal som nationell nivå. Det behöver finnas incitament för samtliga fordonskategorier att övergå till eldrift, vilket lokalt skulle kunna skapas genom exempelvis införandet av miljözon 3 eller utökade subventioner. En omfattande elektrifiering på nationell nivå kommer dock kräva en omfördelning av skatteintäkter då en stor del av dessa idag utgörs av bränsleskatter som med dagens skattesatser på olika energibärare kommer att minska. På nationell nivå blir det därför en central fråga hur Sverige ska hantera och omfördela sina skatteintäkter.

En omfattande elektrifiering av fordonsflottan skulle förändra den nuvarande staden och möjligheterna för att planera framtidens stadsdelar. Elfordon gör att trafikbullret sänks kraftigt både avseende den genomsnittliga ljudnivån och särskilt lågfrekventa ljud som fortplantar sig genom fastigheters väggar, tak och golv. Det minskar kraftigt den negativa påverkan på hälsa och livskvalitet som trafikbuller idag orsakar. Samtidigt medför elektrifieringen förbättrad hälsa i form av minskade lokala emissioner, till exempel partiklar och kväveoxider.

Elektrifieringen skapar därmed en rad nya möjligheter för att använda och utveckla gaturummet och andra ytor i staden. När påverkan från trafiken minskar både inomhus och utomhus upplevs staden som attraktivare och värdet på mark och fastigheter ökar. I en renare och tystare stad kan fler ytor bebyggas alternativt göras om till attraktiva utomhusmiljöer som kan användas av näringsidkare eller som offentliga mötesplatser.

När godstransporterna i staden elektrifieras och blir tystare så kan de utföras under dygnets alla timmar. Då kan trängseln under dagen minskas och den generella effektiviteten i logistiken planeras för att bli smartare och effektivare. I förlängningen kan det leda till att mindre vägyta behövs för att klara av stadens samtliga transporter. Det ger också en högre utnyttjandegrad för elfordonen, vilket kan bidra till en konkurrenskraftig livscykelkostnad för distributionsfordonen.

En fallstudie och simulering av off-peak leveranser på Manhattan indikerade att vid flytt av 10 % av distributionstrafiken till "off peak" minskade restiderna under rusningstrafik med 6 %³. Inklusive minskad framkomlighet "off-peak" var minskningen av restid totalt 4 %. Det ekonomiska konsekvenserna på Manhattan har uppskattats till uppåt 75 miljoner dollar per år. Förändringen medför en kostnad för mottagarna av varor, vilket kräver någon form av kompensation. Men för vägtrafikanter i rusningstid samt för leveransföretagen innebär det en nytta, främst i form av tidsbesparing som kan tillskrivas ett ekonomiskt värde. Andra studier har också tydligt visat på att "off-peak"-leveranser innebär kortare restid, högre genomsnittshastighet och kortare körsträckor.

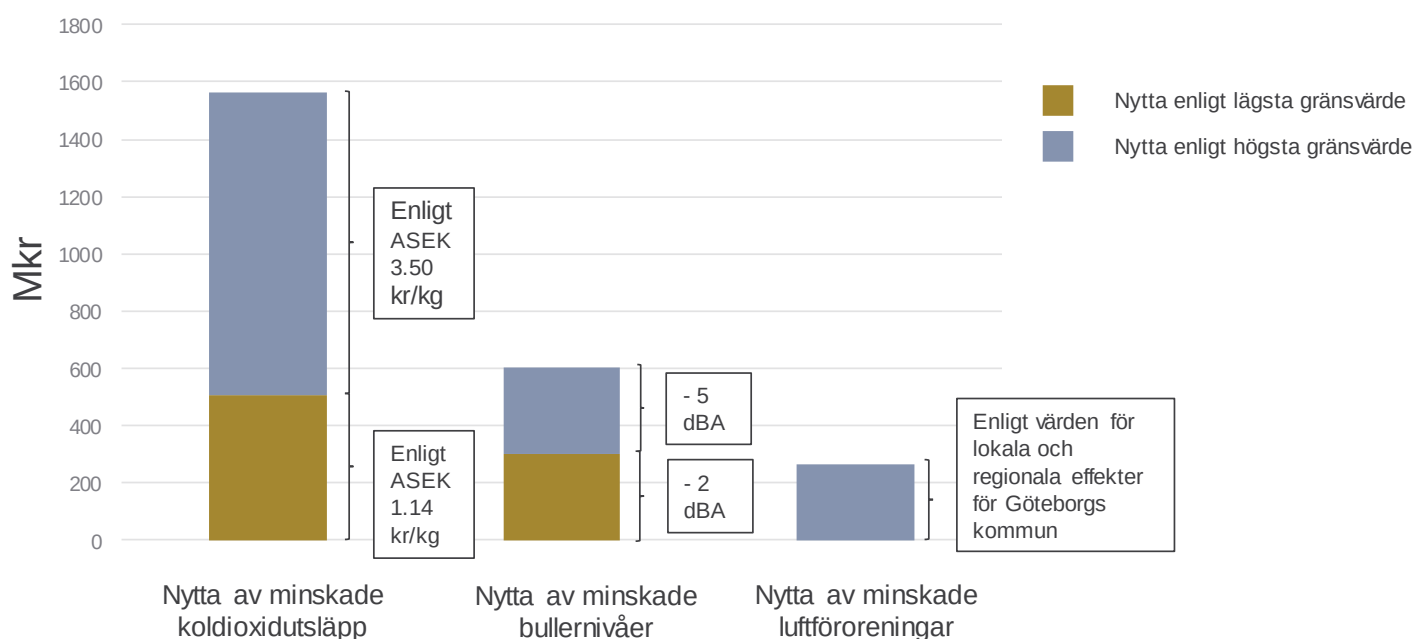
Det är svårt att direkt översätta en sådan studie på Manhattan till förhållanden i Göteborg. Men det är tydligt att det finns generella effektivitetsvinster i transportsystemet som definitivt kan medföra en betydande samhällsekonomisk nytta i Göteborg.

³ Jose Holguin-Veras, Kaan Ozbay, Alain Kornhauser, Anthony Shorris, Satish Ukkusuri, 2010, Integrative freight demand management in the New York City metropolitan area.

Om Göteborg blir ett exempel på alla fördelar med elektrifiering så kommer stadens attraktivitet och varumärke stärkas, och medföra ett stort internationellt intresse som till exempel internationella delegationsbesök. Dessutom skapas möjligheter för att bygga upp kompetens och affärsmöjligheter inom elektrifiering.

Elektrifieringen av trafiken i städerna blir en nyckel till att uppnå en fossiloberoende fordonsflotta som på sikt inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser. Med elfordon minskas energianvändningen i fordonsflottan samtidigt som el med låga koldioxidutsläpp ersätter fossila drivmedel.

De nyttor som elektrifiering bidrar till går till viss del att kvantifiera i samhällsekonomiska termer men de stora möjligheterna för effektivare och attraktivare stadsplanering bedöms idag vara svårkvantifierbara. Nyttan av minskningen av buller, lokala emissioner och växthusgasutsläpp när staden elektrifierats att kvantifierats i Figur 1 nedan.



Figur 1: Årlig kostnadsnytta med en elektrifierad transportsektor

Storleken på nyttorna har kvantifierats genom antagande som beskrivs i avsnitt 2.1 – 2.3 nedan.

2.1 Luftkvalitet

Minskningen av de lokala emissionerna har uppskattats genom att körsträckorna för olika fordonstyper i modellen har multiplicerats med de genomsnittliga emissionerna per kilometer enligt ett HBEFA-scenariot för år 2030 samt den samhällsekonomiska kostnaden för lokala och regionala effekter kopplat till luftföroreningar i Göteborgs kommun.⁴

⁴ Trafikverket, 2017. Handbok för vägtrafikens luftföroreningar. Bilaga 6:3 Emissionsfaktorer, bränsleförbrukning och trafikarbete för år 2030, Tabell "Viktat medel 2030"

2.2 Koldioxidutsläpp

Den samhällsekonomiska kostnaden för koldioxid uppskattas genom att den totala energianvändningen i elfordon uppskattad i excelmodellen för energi- och effektbehov antas utgöra 30 procent av mängden fossila drivmedel som ersätts. Mängden fossila drivmedel multipliceras med 60 procent av ett genomsnitt av de i Förnybartdirektivet uppskattade utsläppen för bensen och diesel. Anledningen till att endast 60 procent inkluderas är att reduktionsplikten antas ha lett till den indikerade minskningen till år 2030.

Utsläppsminskningen beräknas också med hänsyn till att det även finns utsläpp från elproduktionen, och som uppskattning på det används utsläppen för nordisk elmix år 2030.

Kvantifieringen av den samhällsekonomiska kostnaden för växthusgasutsläpp är omtvistad och det finns en rad olika referensvärden som kan användas i en sådan kvantifiering. Priset på utsläppsrätter i EU ETS skulle kunna användas som ett referensvärde, men priset på dem är fortfarande relativt lågt trots en kraftig ökning under den senare tiden. Även med ökningslångt över prognostiserade nivåer till år 2030 skulle priset ligga under de samhällsekonomiska värdena som presenteras nedan.

I ASEK rekommenderas 1,14 kr per kg⁵ med en möjlig känslighetsanalys på upp till 3,5 kr per kg. Den rekommendationen baseras på nivån på koldioxidskatten i Sverige Båda dessa uppskattningar används för att kvantifiera nyttan av minskade utsläpp av växthusgaser.

2.3 Buller

En fullständig elektrifiering av alla transporter i staden skulle innebära att buller och de negativa hälsoeffekterna skulle minska betydligt. En detaljerad utredning av hur bullernivåerna skulle minska i olika delar av staden och hur många invånare som skulle påverkas av det skulle vara mycket omfattande. Det går dock att övergripande uppskatta storleksordningen baserat på resonemang från tidigare utredningar av bullernivåer i Göteborg samt bullerutredningar gällande införande av elfordon.

Tidigare utredningar av påverkan på bullernivåer med en hög grad av elektrifiering har uppskattat att bullernivåerna kan minska med i genomsnitt 3 dBA⁶. Minskningen av buller beror dels på hastigheten på vägarna och fördelningen mellan lätt och tung trafik. Om en stor del av bullret kommer från tunga fordon kan elektrifiering minska bullernivåerna med upp till 5 dBA⁷. För att grovt uppskatta effekten av en full elektrifiering av alla vägtransporter i Göteborg antas här att bullernivåerna generellt kan minskas med mellan 2 och 5 dBA.

Tidigare utredningar av bullernivåer i Göteborg har uppskattat att upp till 100 000 invånare har över 55 dBA utanför sin bostad⁸. Utifrån detta görs här ett räkneexempel med antagandet att bullernivåerna för dessa invånare i genomsnitt ligger på 58 dBA och sedan sänks med mellan 2 och 5 dBA. Enligt ASEK skulle det innebära en minskad samhällsekonomisk kostnad med

⁵Trafikverket, 2018, Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1, Kapitel 12.1 Värdering av utsläpp av koldioxid och koldioxidekvivalenter

⁶Transportstyrelsen, 2017, Miljözoner för lätta fordon - Redovisning av regeringsuppdrag

⁷Ibid

⁸Göteborg Stad, 2018, Buller och ljud, http://goteborg.se/wps/portal/start/miljo/miljolaget-i-goteborg/buller-och-ljud/!ut/p/z1/hY7RC0lwGIWfpRfY_w9N7XIIlppFDR3EyprDZwLIQY9ffYA0bk7flePAwI4iL5-aVVP2vZ1N_dKBLsZqdoTRkW21WC6SUvk2O-L85xCNd_AzFj_BGGkIHQjSGuNQJRUo9DLwl-iH6GMz6DVSHxuyQfa-wwwEiBWKQdznIgTzsOAF3zhFlreokaa2Bp-HvdGSLD_dDf_A!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

mellan 300–600 miljoner kr per år⁹. För de personer som utsätts för ännu högre bullernivåer skulle de samhällsekonomiska kostnaderna minska betydligt mer.

Räkneexemplet ger ingen fullständig kvantifiering av den samhällsekonomiska nyttan av minskat buller med elfordon utan indikerar bara en möjlig storleksordning. En omfattande utredning behövs för att kunna ge en mer noggrann uppskattning. En sådan analys skulle troligen kunna visa på en betydligt högre samhällsekonomisk nytta av elektrifiering.

⁹ Trafikverket, 2018, Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6:1, Tabell 10.1

3 Pusselbit 2: Energi- och effektbehov

Vid full elektrifiering av samtliga fordonstyper samt en ny trafikhierarki i Göteborg visar projektet att en betydande lastökning tillkommer inom regionen. Sett till överföringskapacitet från överliggande nät tycks detta inte vara något problem, men lokalt riskerar det tillkommande effektbehovet att leda till överbelastning i delar av distributionsnätet. Den mest kritiska tidpunkten på dygnet förväntas bli tidig kväll i samband med hemkomst och övernattningsladdning. Risken för överbelastning skulle dock kunna minimeras med smart styrning av laddning. Genom att koppla en del av det totala effektbehovet till långsamladdning nattetid samt variera medel- och snabbladdning under dagen kan effektbehovet spridas jämnare över dygnet. Hinder för detta är att det i dagsläget inte finns tillräckligt stora incitament för fordonsägare att satsa på smart styrning. Eftersom det i slutändan är fordonsägarna som avgör när laddning ska ske är det viktigt att affärsmodeller och styrmedel, exempelvis nättariffer och skattesatser, utformas på ett sätt som främjar investering i smart styrning.

3.1 Dagens transport- och trafikarbete

Trafikarbete beskriver hur många fordonskilometer som har körts under en viss tidsperiod på en viss sträcka eller inom ett visst område. Trafikarbetet kan exempelvis uppskattas genom att mäta hur många fordon som passerar ett visst vägvagnsnitt under en tidsperiod och sedan multiplicera det med vägvagnsnittets längd. Transportarbete definieras som den förflyttning passagerare eller gods utför och anges i personkilometer eller tonkilometer.

Trafikarbetet i Göteborgs kommun har uppskattats utifrån trafikflödesmätningar och längder på vägvagnsnitt. Det användes som ingångsdata i för att uppskatta det totala energi- och effektbehovet i Göteborgs kommun. Även den uppskattade utpendlingen som beskrivs nedan inkluderades i den uppskattningen.

En detaljerad beskrivning av trafikflöden i Göteborgs kommun samt trängselskattazonen ges i underlagsrapporten i bilaga 2. För att beskriva var fordon står parkerade nattetid samt uppskatta trafikarbetet för pendling in och ut från Göteborgs kommun skapas en heat-map baserad på trängselskattdata. Till grund för detta ligger en analys över var personbilar i Göteborg är registrerade samt en analys över trafikflöden på de småvägar som rimligen leder direkt från förarnas bostäder, denna analys blir möjlig med hjälp av slangmätningar.

För att uppskatta det totala trafikarbetet för inpendlare uppskattades hur många bilar som pendlar in till Göteborg varje dygn och hur lång deras genomsnittliga körsträcka är från respektive kommun. Andelen pendlare från respektive kommun analyseras utifrån data från trängselskattkameror och tillhörande skatteunderlag. Pendlingsbeteendet från trängselskattazonen extrapoleras till att gälla hela Göteborgs kommun.

På ett liknande sätt beräknas det totala trafikarbetet för utpendlare med hjälp av data över hur många bilar som rör sig ut från Göteborg varje dygn och deras körsträcka. Andelen pendlande fordon uppskattas utifrån hur många fordon som rör sig ut på de tre stora trafiklederna i riktning ut från Göteborg. Medelavståndet för pendlingen uppskattas utifrån tillgängliga studier och statistik.

3.2 Transport- och trafikarbete med en elektrifierad transportsektor

Transport- och trafikarbetet i Göteborg sker på ett sätt som möter krav på personlig mobilitet, godstransporter och underhåll och utveckling av staden. Dessa krav förväntas inte förändras vid en elektrifiering av transportsektorn. Vad som däremot påverkas då fordonsflottan övergår till att bli eldriven är stadens energi- och effektbehov. För att uppskatta det tillkommande energi- och effektbehovet år 2030 som en omfattande elektrifiering skulle medföra har en modell tagits fram i syfte att utvärdera hur befintligt elnät skulle klara tillkommande last och ett ökat effektuttag samt fastställa vilken elektrifieringsgrad som är möjlig för dagens elnät. Denna

analys kan sedan ligga till grund för projektets kostnadsnyttoanalys och inkluderas vid analys av distribution- och regionnät, laddinfrastruktur, potential för utbyggnad av förnybar energi och utformning av politiska styrmedel och åtgärder.

Genom att undersöka hur stort energibehovet är för det dagliga trafikarbetet, hur tillfällena för laddning fördelas över dygnet samt med vilken effekt laddning sker kan en effektprofil tas fram. Resultaten från modelleringen beror på ett flertal justerbara parametrar och effektprofilen visualiseras i totalform, per laddtyp och per fordonsslag. Resultaten tyder på att en omfattande elektrifiering medför en betydande lastökning och att det finns risk för överbelastning av delar av distributionsnätet. Styrning av laddning i tiden är därför starkt rekommenderat. För varje fordonsslag har antaganden för laddeffekt gjorts för snabb-, normal- respektive långsamladdning. Dessa visas i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Laddeffekter för snabb-, normal-, och långsamladdning

Fordonstyp	Laddeffekter [kW]		
	Snabb	Normal	Långsam
PHEV	50	11	3.7
BEV	150	11	3.7
Bussar 12m	350	150	75
Bussar 18m	450	200	100
Lätta lastbilar	150	50	50
Medeltunga lastbilar	450	200	100

3.2.1 Modellantaganden

Modellen bygger på antaganden kring hur transportsystem, elfordon, laddinfrastruktur och laddmönster ser ut år 2030. Osäkerheterna i utvecklingen hanteras genom att modellerna kan köras med olika scenarier för den framtida fordonsflottan.

För att göra en rimlig uppskattning har följande variabler definierats för modellen:

- Fördelning av det totala energibehovet per laddtyp för samtliga inkluderade fordonsslag [procent av totalt energibehov per dag]. I modellen används benämningen *snabb-*, *mellan-*, och *långsamladdning* för de tre laddtyperna för att på ett enkelt sätt hänvisa till tidsåtgång för laddning. Enligt mer strikt definition benämns respektive laddtyp *snabb-*, *destinations-*, och *normalladdning*.
- Trafikarbete per dygn för varje inkluderat fordonsslag, alternativt totalt trafikarbete per år [fkm/dag alternativt fkm].
- Fördelning av laddbehovet per timme för samtliga fordonstyper och för respektive laddtyp [procent av energibehovet/timme]. Fördelningarna grundas i uppskattningar av kör- och laddmönster över dygnet för respektive fordonstyp.

Modellen tar hänsyn till flera justerbara parametrar, varav följande är centrala:

- Trafikarbete jämfört med år 2017. Genom att justera hur körmängderna förändras för varje fordonstyp kan den framtida trafikhierarkin varieras.
- Körvanor. För att uppskatta när på dygnet respektive fordonstyp behöver ladda tas hänsyn till körvanorna. Det förväntas även att styrning av laddning kommer att vara implementerad till år 2030.

- Infrastruktur för laddning och laddeffekter. Tekniken för laddning utvecklas kontinuerligt, men förväntas följa de senaste standarder som satts för respektive laddtyp.
- Batteriprestanda. Till år 2030 förväntas batterikapaciteten öka för samtliga fordonstyper jämfört med idag.
- Cyklingsmönster. I modellen antas det att batterierna laddas ut 60 % innan de laddas igen, och cyklas mellan 80–20% av batterikapaciteten.

Utifrån en rad möjliga scenarier för utvecklingen till år 2030 har följande valts som ett huvudscenario för att illustrera ett möjligt utfall vid omställningen till en elektrifierad fordonsflotta:

Full elektrifiering med ny trafikhierarki

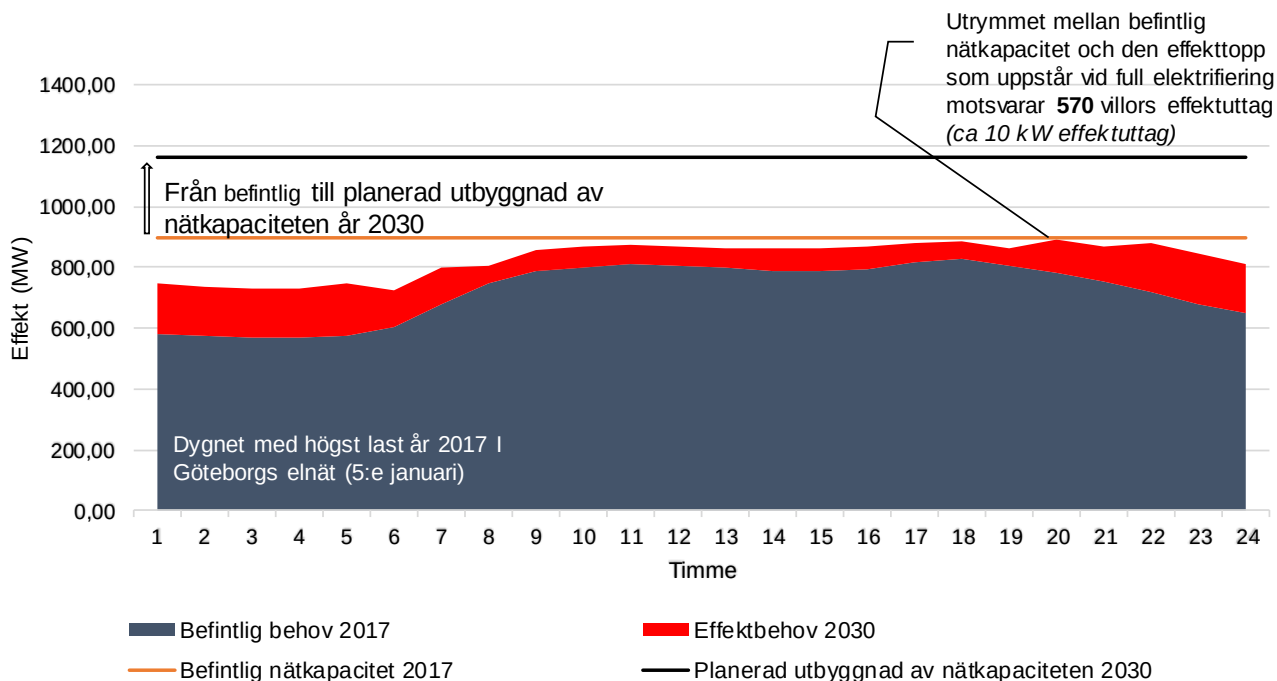
Ett scenario där alla fordonstyper antar en full elektrifiering med en ny trafikhierarki. Här förväntas användandet av elcyklar öka betydligt och personbilsresor minska samtidigt som kollektivtrafiken ökar. Distributionstrafik ökar som följd av ökad internethandel och taxi/co-sharing har slagit igenom. Långsamladdning förväntas stå för majoriteten av laddning under sen kväll och natt.

Det är viktigt att notera att scenariot bygger på en smart styrning av hur och när fordonen laddas och att styrningen både omfattar tekniska lösningar och användarnas beteende.

3.2.2 Resultat

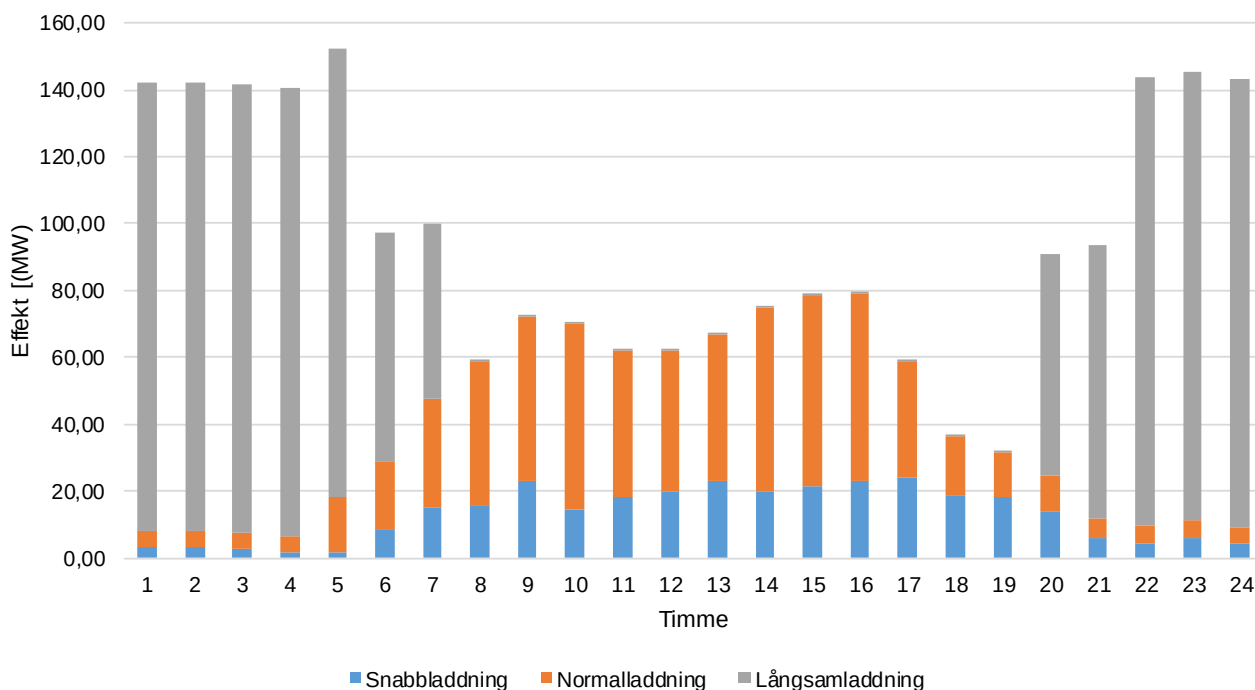
Beräkningsmodellen returnerar följande resultat för det ovannämnda scenariot. Inledningsvis visar Figur 2 hur lastökningen till år 2030 förväntas bli relativt dagens effektförbrukning. Här visas det befintliga behovet baserat på dagen med högst last under 2017, det nya förväntade effektbehov till följd av full elektrifiering och ny trafikhierarki samt befintlig nätkapacitet och planerad utbyggnad. Vid en omfattande elektrifiering visar resultaten att det finns en risk för överbelastning på distributionsnätet den eller de få dagar på året när stadens totala belastning

på nätet är som störst, om inte kapaciteten i näten byggs ut. Den mest kritiska tidpunkten på dygnet förväntas bli tidig kväll i samband med hemkomst och övernattningsladdning.



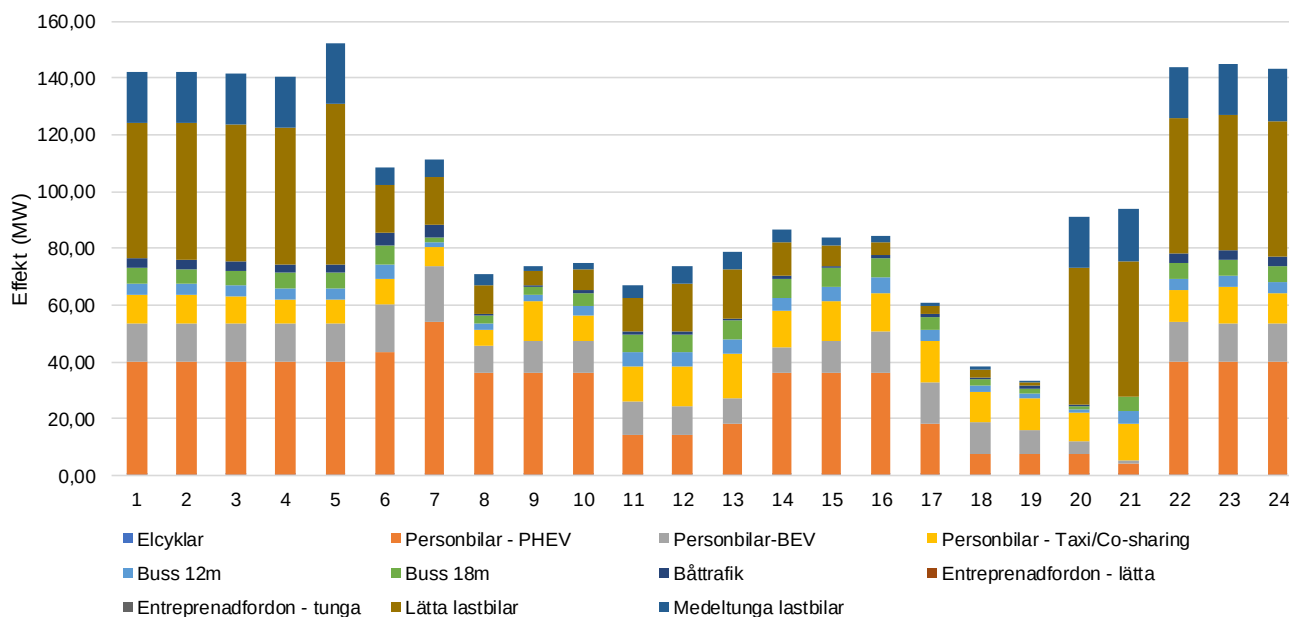
Figur 2. Effektbehov i distributionsnätet per timme vid full elektrifiering och ny trafikhierarki.

Lastökningen för scenariot kan dessutom visualiseras per laddtyp och per fordonsslag, och presenteras i Figur 3 respektive



Figur 4.

Figur 3. Ökat effektbehov till 2030 uppdelat per laddtyp.



Figur 4. Ökat effektbehov till 2030 uppdelat per fordonsslag.

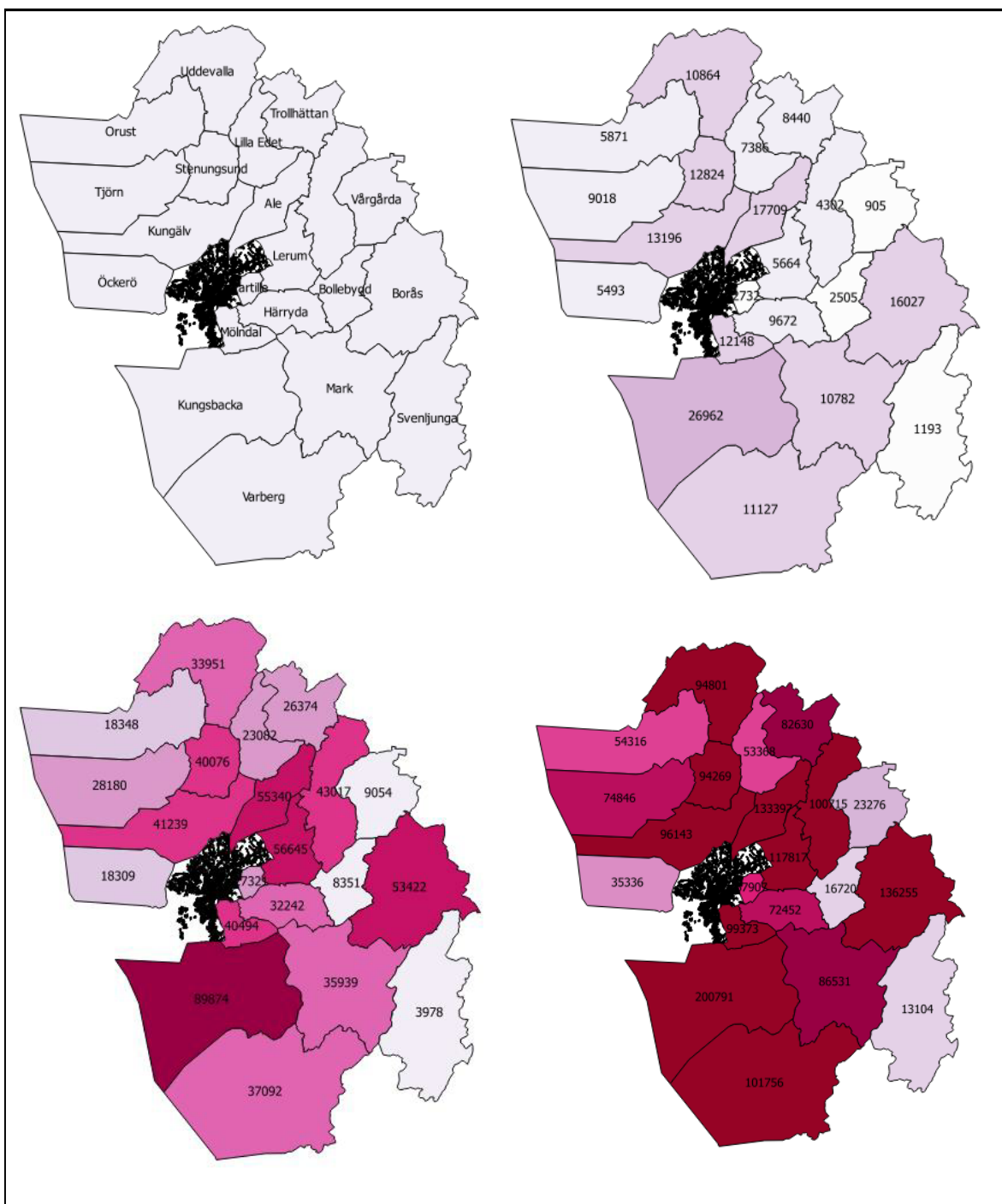
Som Figur 3 visar kan en stor del av effektbehovet kopplas till långsamladdning under nattetid, och en blandning mellan medel och snabbladdning under dagen. Det kan också noteras från

Figur 4 att lätta lastbilar (<3,5 ton) och PHEV står för en stor del av effektbehovet och det högsta effektbehovet inträffar tidig morgon.

3.2.3 Energibehov i omgivande kommuner

Som ett komplement till det uppskattade energi- och effektbehovet i Göteborg (inklusive utpendling från kommunen) presenteras i Figur 5 det uppskattade energibehovet för lätta elfordon som pendlar in till Göteborg¹⁰. En elektrifiering av Göteborgs kommun innebär alltså att de omgivande kommunerna måste se över sina behov av laddinfrastruktur.

¹⁰ Underlagsrapport i bilaga



Figur 5. Kartor över Göteborg och omgivande kommuner. Värden i varje kommun avser körsträcka/energibehov uttryckt som fordonskilometrar (fkm). Göteborgs kommun med vägnät syns i mitten av bilderna. Övre vänstra: kommunnamn, Övre högra: energibehov (fkm) för att täcka inresandet kl 6-9 till trängselskattzonen, Nedre vänstra: energibehov (fkm) för att täcka inresandet kl 6-9 till hela Göteborg och närliggande områden; Nedre högra: energibehov (fkm) för att täcka inresandet hela dagen till hela Göteborg och närliggande områden. Datan grundar sig på både personbilar och lätta lastbilar och både fysiska och juridiska personer är inkluderade. Värdena avser enväga resor.

Källa: IVL, 2018

3.2.4 Diskussion och analys

Det är tydligt att en stor lastökning kommer att ske som följd av den omfattande elektrifieringen av transportsektorn. Inverkan på distributions- och regionnät kommer att bero på till stor del på hur väl laddning av fordon styrs i tiden, för att kunna skifta effekttoppar till timmar med lägre bakgrundslast. Här kommer styrmedel och affärsmodeller av olika slag att spela en avgörande roll, och ett enkelt system är att sträva efter. Det är viktigt att notera att det är fordonsägaren som i slutändan avgör när laddning ska ske, och kunskapsspridning är ett framgångsrikt verktyg som bör användas.

Resultaten från modellen visar att det behövs åtgärder direkt, i och med att målet om att uppnå en fossiloberoende fordonsflotta kommer medföra betydande konsekvenser. Modellen kan ses som ett verktyg för framtida arbete i Västra Götalands Län, och resultaten är även applicerbara i större nationella analyser.

4 Pusselbit 3: Generering och transferering av elenergi

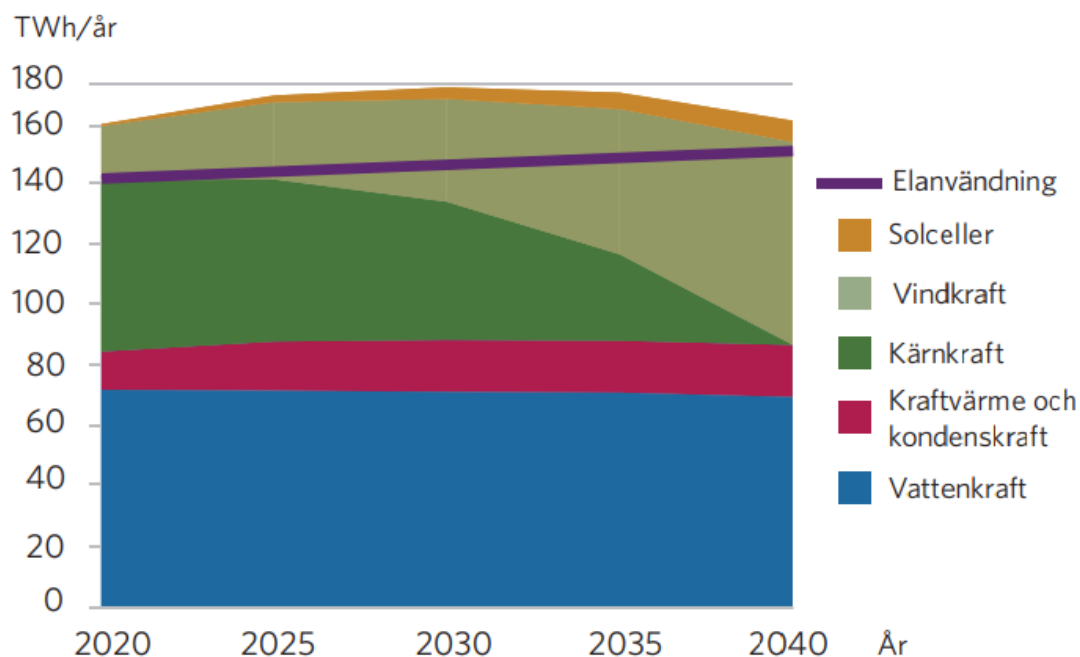
Finns det el-energi och effekt att tillgå när den behövs och kan vi överföra effekt in till Göteborgsområdet? Den totala elförbrukningen i Sverige förväntas öka de närmsta åren till följd av bland annat elektrifieringen av transportsektorn. Data från IVA visar dock att en fullständig elektrifiering av Sveriges transportsektor endast utgör en relativt liten del av det framtida nationella energibehovet. Sett till hela energisystemet kan utvecklingen mot en elektrifierad transportsektor därför inte sägas vara avgörande för Sveriges elförsörjning. Elektrifieringen kommer dock – i kombination med en planerad utfasning av kärnkraft och förväntade förändringar i närliggande produktionsanläggningar till följd av exempelvis förändringar på elmarknaden och föråldring –att påverka befintlig överföringskapacitet i Göteborg. Samtidigt går vi mot ett mer icke-planerbart energisystem, vilket kommer att innebära ett ökat behov av flexibilitet i elsystemet och explicit laststyrning av laddbara fordon ses som en viktig del av flexibilitetsstrategin. Detta blir extra tydligt under särskilt kalla vinterdagar där det redan idag finns en överhängande risk för effektunderskott. Det faktum att befintliga styrmedel för stöd till laddinfrastruktur inte premierar utrustning som är förberedd för laststyrning anses därmed utgöra ett hinder för att inhemskt kunna tillgodose det svenska energi- och effektbehovet. Vi menar även att tillståndsprocessen för ny- och ombyggnad av transmissionsanläggningar behöver effektiviseras för att nätbolag ska ha större möjlighet att uppgradera svaga eller föråldrade nätkomponenter innan stora förändringar hinner ske på produktionssidan.

4.1 Sveriges el-energibalans fram till 2030

I Svenska Kraftnäts systemutvecklingsplan 2018–2027¹¹ ges ett scenario med en långsam ökning av energibehovet. Drivkrafter för ökad elanvändning kompenseras av en kontinuerlig energieffektivisering. Totalt förväntas elförbrukningen öka ca 10 TWh till 2040 som då täcker elektrifiering av vägtransporter. Modellen är räknad för vart 5:e år och den tilltänkta utfasningen av kärnkraften är översiktligt representerad.

I Figur 6 kan ses att nettobalansen för svensk energi ökar fram till år 2030 för att sedan minska fram till år 2040. Vindkraft byggs under hela analysperioden och nedläggningen av kärnkraft tar fart år 2030. Figuren baseras på data med fem års mellanrum vilket innebär att nedläggningen av kärnkraftreaktorer kommer att innebära större stegvisa förändringar än vad figuren visar.

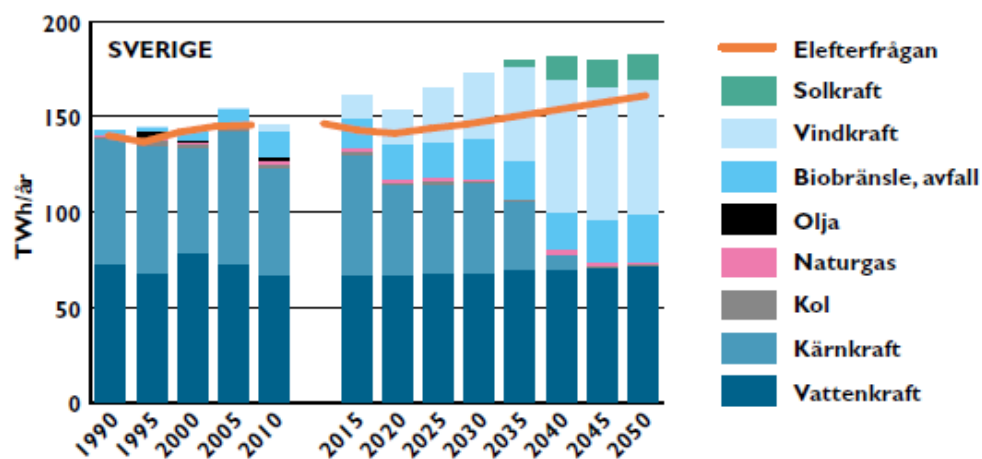
¹¹ SvK, 2017. Systemutvecklingsplan 2018–2027. <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2017/svenska-kraftnats-systemutvecklingsplan-2018-2027.pdf>



Figur 6. Sveriges energibalans ur scenario år 2020–2040.

Källa: Svk, 2017

I en liknande studie av IVA¹² redovisas liknande slutsatser framtagna av NEPP. Dessa presenteras i Figur 7.



Figur 7. Elproduktion i utvecklingen mot ett 100 procent förnybart elsystem år 2050. historiska data anges för 1990–2010 och modellresultat för 2015–2050. Elanvändningen i Sverige antas öka i måttlig takt och nå 160 TWh, distributionsförluster inräknat, år 2050.

Källa: NEPP, 2016

¹² IVA, 2016. Fem vägval för Sverige. <https://www.iva.se/globalassets/rapporter/vagval-el/201606-iva-vagvalel-slutrapport-j.pdf>

IVA anger också skattningar, baserat på data från arbetsgruppen för elanvändning inom Vägval el 2016, avseende förändringar i elenergibehov som ger en känsla för hur mycket transportsektorn påverkar det framtida behovet. Dessa presenteras i Tabell 2 nedan.

Tabell 2: Företeelsers påverkan på den framtida elanvändningen i Sverige.

Företeelse	Förändring 2030–2050
Ökad befolkning med en miljon personer	Ökar 8–11 TWh*
Fullständig elektrifiering av transportsektorn	Ökar cirka 13 TWh
Utfasning av all mekanisk massaproduktion (~2 TWh per bruk)	Minskar cirka 10 TWh
Storskalig CCS	Ökar 2–5 TWh
Total elektrifiering av stålindustrin	Ökar 15–20 TWh
Storskalig etablering av dataverksamhet	Ökar 6–10** TWh

* I det högre intervallet ingår förutom den direkta påverkan av elanvändningen av "antalet invånare i Sverige" också den påverkan invånarantalet har på "antalet hushåll" och "lokalyta i servicesektorn". Baseras på uppgifter från specialrapporten *Scenarier för den framtida elanvändningen* (NEPP, 2015)

** Erik Lundström, The Node Pole, bedömer att datacenterverksamhet får samma elskatt som tillverkningsindustrin är det rimligt att anta en potential om 100 MW år 2020 vilket motsvarar en ökad elanvändning kring 6–7 TWh från datacenter. Bedömning är därmed att upp mot 10 TWh kan vara rimligt i tidsperspektivet 2030–2050

Källa: IVA, 2016

I bägge scenarierna får vindenergi en betydande roll för att hantera kärnkraftens minskande produktion. Eftersom vindenergi är väderberoende kommer vi att gradvis påverka möjligheterna att alltid tillgodose leveranssäkerheten, se nästa stycke. Vi står också inför ett tekniskifte där central kraftproduktion skall ersättas av distribuerad produktion.

Idag lyfts flera hinder fram för vindkraftutbyggnaden med långa tillståndsprocesser och kommunala veton som exempel¹³. Om det som idag kan ta 10+ år att få bygga en ny överföringsledning kan det ta tid att tillräckligt förstärka dagens system för att hantera den distribuerade elproduktionen.

4.2 Sveriges effektbalans fram till 2030

Svenska Kraftnäts systemutvecklingsplan 2018–2027¹⁴ anger också behovet av flexibilitet för att klara leveranssäkerheten av effekt. Det framgår att behovet av flexibilitet ökar väsentligt när kärnkraften fasats ur. Fram till 2030 syns dock inget behov av flexibilitet i Svenska Kraftnäts scenario. Frågan är dock högst aktuell där bland annat *Forum för Smarta Elnät*¹⁵ just nu jobbar på många sätt för att förstå hur flexibilitetsfrågan kan lösas. I en rapport från Power Circle¹⁶ behandlas möjligheter, hinder och drivkrafter för framtidens elnät där explicit styrning av EV-

¹³ Vattenfall, 2017. Tillståndsprocessen hänger inte med i utbyggnad av vindkraften.

<https://news.vattenfall.com/sv/article/tillstandsprocessen-hanger-inte-med-i-utbyggnaden-av-vindkraften>

¹⁴ SvK, 2017. Systemutvecklingsplan 2018–2027. <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2017/svenska-kraftnats-systemutvecklingsplan-2018-2027.pdf>

¹⁵ <http://www.swedishsmartgrid.se/>

¹⁶ Power circle, 2018. Elnätets roll i framtidens energisystem. <http://powercircle.org/wp-content/uploads/2018/01/Slutrapport-KAN2.0.pdf>

laddning tas upp som ett område av betydelse och att denna laststyrning bör involvera också nätbolagen.

Vid senaste Kund och Intressemötet hos Svenska Kraftnät¹⁷ lyftes effektfrågan som ett huvudtema där man vid en så kallad 10-års vinter kunde se ett möjligt underskott på 3 GW vilket i så fall behöver importeras under förutsättning att denna effekt finns tillgänglig i våra grannländer under den aktuella tidpunkten. Redan idag kan således en underskottssituation uppstå och frågan har hög prioritet.

Ett hinder för detta är att de styrmedel som idag finns för att främja laddinfrastruktur inte premierar utrustning som är förberedd för laststyrning¹⁶.

Andra hinder som Svenska kraftnät lyfter är¹⁷.

- Långa ledtider
- Nätägarrollen
- Samordning
- Intäktsram

4.3 Överföringssystemets kapacitet in till Göteborgsregionen

Enligt Svenska Kraftnäts systemutvecklingsplan 2018–2027 är 9 stycken 400 kV ledningar mellan Trollhättan och Malmö äldre än 60 år och i behov av upprustning¹⁸. Främst är det korrosion som nu kräver åtgärder på cirka 40 mil kraftledning. SvK skriver att arbetet kommer att påbörjas under planperioden fram till 2027 men inte kommer att hinna bli klart. Orsaken är dels de långa tillståndsprocesserna men också på "begränsade möjligheter till avbrott på dessa hårt belastade ledningar". I Figur 8 visas pågående och planerade projekt samt projekt som är under övervägande inom SE3.

¹⁷ SvK, 2018. Svenska kraftnäts Kund- och intressemöte 2018. <https://www.svk.se/kundochintressentmote>

¹⁸ SvK, 2017. Systemutvecklingsplan 2018–2027. <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2017/svenska-kraftnats-systemutvecklingsplan-2018-2027.pdf>



Figur 8. Projektöversikt för pågående och planerade projekt (till vänster) och projekt under övervägande (till höger) i SE3.
Källa: Svk Systemutvecklingsplan 2018–2027

Av betydelse för transmissionsnätet i Göteborgs närhet är också utvecklingen av lokal elproduktion. Störst inverkan har naturligtvis Ringhals där Ringhals 1 och 2 nu planeras var i drift fram till december 2020 respektive 2019¹⁹. Ringhals 3 och 4 livstidsförlängs för att kunna leverera el in på 2040-talet.

Det finns också ett mindre antal kraftvärmeanläggningar inne i Göteborg och i närheten, se Tabell 3. Ålder och andra förändringar på energimarknaden kan påverka också dessa produktionskällor som också kommer att påverka överföringen på befintligt nät.

¹⁹ Vattenfall, 2017. Vattenfall investerar i uppgradering av Ringhals. <https://corporate.vattenfall.se/press-och-media/pressmeddelanden/2017/vattenfall-investerar-i-uppgradering-av-ringhals/>

Tabell 3. Kraftvärmeanläggningar i Göteborg med omnejd

Namn	Produktion år 2017	Effekt	Ålder
Renova Sävenäs	270 GWh	42 MW	
Kungälv Energi	12 GWh	3,1 MW	
Sävenäs HP3	45 GWh	13,9 MW	1985, turbin 2011
Riskullaverket, Mölndal	132 GWh	27,2 MW	2010
Södra Cell, Värö	1000 GWh	125 MW	
Backa BioKVV	0	40 MW	Planerat i drift tidigast 2022
Rya KVV	200 GWh	260 MW	2006
Högsbo KVV	14 GWh	13 MW	1988
Vindkraft		41,6 MW	1990-talet →

I dagsläget kan tillståndsprocessen för nya transmissionsledningar/uppdateringar ses som ett hinder, denna behöver snabbas upp. Helst skulle nätet moderniseras och uppgraderas innan de större förändringar inom elproduktionen som behöver ske för att fasa ut all kärnkraft.

5 Pusselbit 4: Eldistribution i Göteborg

Sammanställningen visar att det till stor del finns utrymme i befintligt lokalt nät för en storskalig utbyggnad av långsamladdning. Lokala förstärkningar och utbyggnader kommer i vissa fall att krävas, särskilt där det förekommer en hög densitet av laddbehov, så som parkeringshus eller bussdepåer och hållplatsladdning, eller då normal- eller snabbbladdning blir dominerande. Dynamisk styrning av laddning kan i många fall fördröja eller helt undvika att förstärkningar behöver göras.

Högre upp i nätet, typiskt i 130 kV-nät, lokalt och regionalt, och på transformering till 10 kV kommer förstärkningar behöva göras. Dygnsvariationen tillsammans med styrning kommer sannolikt endast att ha viss fördröjande påverkan för att undvika förstärkning av nätet på dessa spänningar. Men när stadsutveckling och yrkesfordon läggs till i analysen är det tydligt de förstärkningar som diskuterats blir nödvändiga att genomföra. Detta gäller framförallt vintertid men i viss mån även sommartid då minskad kylning av luftledningarna gör att regionnätsledningarna har minskad kapacitet. I större stationer är säsongsvariationen på lasten mycket liten vilket innebär att lasten är hög även sommartid.

Analyserna är baserade på i läget idag. Som nämnts tidigare utvecklas Göteborg och effektbehovet från staden kommer att öka oaktat fordonsladdning. Behovet av lokala och regionala förstärkningar blir därmed nödvändiga. Dynamisk laststyrning kan som ovan nämnts fördröja eller helt eliminera behov av förstärkning. Vid en snabb utbyggnad av fordonsladdning är det dock kritiskt att tillståndprocesserna för nätförstärkning är effektiva och väl avvägda mot det samhällsintresse som elinfrastrukturen utgör.

En uppskattning av kostnaden för att bygga ut det lokala elnätet i Göteborg till att ska klara av elektrifieringen av fordonsflottan i enlighet med målet i denna studie, kan delas upp i tre delar: anpassning av överliggande nät, anpassning av lokalt överliggande nät och anpassning av det lokala distributionsnätet. Denna uppskattning landar på totalt ca 500 MSEK. Tillkommande effektbehov bedöms ligga i spannet 30 – 185 MW, beroende på om laddningen kan styras smart och anpassas till dygnsvariationen för nätets övriga belastning, eller inte.

5.1 Regionnät

Det lokala elnätet i Göteborg har 10 inmatningspunkter från regionnätet, 9 från Vattenfalls regionnät och 1 från Ellevios regionnät. Det planeras åtgärder i framförallt Vattenfalls regionnät runt om Göteborg med huvudsakligt syfte att förbättra leveranssäkerheten men dessa kommer även att innebära en viss kapacitetsökning. Det maximala uttaget från regionnätet och inmatning från lokalproduktion är cirka 900 MW.

5.2 Lokalnät

I Göteborgs kommun har Göteborg Energi Nät AB (GENAB) koncession på elnätet. I södra Göteborg; i Askim och i södra skärgården, har Ellevio koncession. Grannkommunerna har antingen egna elnätsbolag med koncession, eller så tillhör de Ellevios nät. Det lokala nätet i Göteborg består till över 97 % av kabelnät. Det finns ett lokalt 130 kV-nät som komplement till regionnätet. Utöver detta sker distributionen på 10 kV och 0,4 kV. Lokalnätet har en leveranssäkerhet på 99,996 %. Stora delar av de verksamheter, flerbostadshus och småhus som finns i staden är anslutna till fjärrvärmenätet och i växande utsträckning fjärrkylanätet. Detta gör att belastning på elnätet överlag har en relativt hög nyttjandegrad med en relativt låg säsongsvariation och temperaturberoende. Det finns dock områden där fjärrvärme inte finns utbyggt med en dominerande småhusbebyggelse där säsongsvariationen och temperaturberoendet är långt mycket större.

I många delar finns det god kapacitet och möjligheter att öka lastuttaget. Stadsutveckling i framförallt de centrala delarna av staden bedöms dock driva på ett behov av förstärkningar av 130kV- och 10kV-nät med tillhörande stationer. Totalt har den planerade stadsutvecklingen bedömts kunna driva en lastökning på 100–300 MW till år 2035 beroende på exploateringsstakt

och täthet och takten på energieffektivisering. Detta exkluderat påverkan från elfordonsladdning och expansion inom industrin.

5.3 Dimensionering och kapacitet

Elnätet dimensioneras i allra största utsträckning efter den högsta belastningen som bedöms uppkomma baserat kunders sammanlagrade behov av effekt. Sammanlagring innebär att kunders behov av maximal effekt inträffar vid olika tillfällen och den sammanlagrade toppeffekten blir därmed lägre än summan av toppeffekterna hos respektive kund. Servisen, det vill säga sista delen av elnätet fram till anslutningspunkten, är dock dimensionerad för kundens egna behov av effekt. Givetvis sker även en sammanlagring inne i kundens anläggning, till exempel i ett flerbostadshus där alla lägenheters toppeffekt sammanlagras i anslutningspunkten och servicens storlek kan anpassas därefter. Dimensionerande sammanlagrad toppeffekt blir därmed kopplad till gemensamma beteenden hos kunderna som exempelvis vid kall väderlek då samtliga värmesystem styrs av utetemperatur eller i ett framtidsscenario där många sätter sin elbil på laddning vid hemkomst från jobbet och samtidigt lagar mat, en kall januarikväll.

Det lokala nätet dimensioneras också enligt n-1-kriteriet eller så kallad enhetsreserv på spänningsnivåerna 130–10 kV med tillhörande stationer. Det vill säga att det alltid ska finnas möjlighet att försörja kunderna även om komponenten med högst kapacitet är urkopplad, planerat eller akut.

På nätstationsnivå med transformering från 10 kV till 0,4 kV och i 0,4 kV-nätet dimensioneras nätet utan enhetsreserv. Det är dock vanligt förekommande med stor överdimensionering så att det i praktiken finns enhetsreserv, särskilt i nätstationer med mer än en transformator och på 0,4 kV-nätet där det förekommer serviser med flera än en ansluten kabel. Överdimensioneringen uppstår till följd av överskattade elbehov vid anslutning av nya anläggningar. Överdimensionering av det här slaget är dock mindre vanligt inom områden dominerade av småhus. Utrymmet för ökat uttag kan vara begränsat, särskilt om näten är relativt gamla. I småhusområden där husen är anslutna till fjärrvärmenätet i stor utsträckning är det dock mer vanligt förekommande att det finns kapacitet för utökningar i befintligt nät.

Elnätet dimensioneras alltså efter ett begränsat antal timmar per dygn på ett begränsat antal dygn per år då effektbehovet är som störst och sammanlagringen har minst inverkan. Även i ett nät med en väl avvägd dimensionering finns alltså stor kapacitet ledig vissa tider på dygnet och på året. Om en dimensionering med enhetsreserv skulle kompletteras med efterfrågefleksibilitet och möjlighet till snabb bortkoppling av viss last får det betraktas som att det finns en mycket stor kapacitet ledig i det befintliga nätet.

Av de cirka 900 MW som är den maximala belastningen på nätet, tas 800 MW ut på en spänning lägre än 130 kV. Den totala transformeringskapaciteten reducerat för enhetsreserv i respektive station är cirka 1100 MW. Nyttjandet per station varierar stort mellan stationerna, från 30 % upp till 90 %. Stationer med en högre grad av småhusbebyggelse med elvärme har en större variation av nyttjandegraden under åren men det finns en stor variation inom även denna grupp av stationer gällande nyttjande gradens storlek. I snitt ligger nyttjandet på 60–80 %.

800 MW ska alltså transporteras på 10 kV-nätet. Detta bedöms ha en teoretisk max kapacitet på cirka 1500 MW med nuvarande struktur. 10 kV-nätet har därmed en bedömd ledig kapacitet cirka 700 MW. 10 kV-näten är relativt vidsträckta och har i stor utsträckning koppling mellan flera större stationer med transformering 130/10 kV. Det kan därmed finnas sätt att med relativt små åtgärder göra ändringar i struktur och kopplingar mellan olika delar av detta nät så att en större del av den teoretiska kapaciteten kan nyttjas.

Knappt 200 MW tas ut på 10 kV vilket gör att cirka 600 MW tas ut på 0,4 kV nätet och behöver transformeras ytterligare ett steg. Transformeringskapaciteten från 10 kV till 0,4 kV är cirka 1500 MW.

Att bedöma kapaciteten i 0,4 kV-nätet i sin helhet är mycket svårt då dimensioneringen inte följer en enhetlig standard och strukturen kan skilja sig åt stort från område till område. Näten är inte heller sammanbygda på det sätt som 10 kV-nätet varför större åtgärder för kapacitetsökningar kan bli aktuella både för transformering till 0,4 kV och i 0,4 kV-nätet. Denna nätkapacitet behöver helt enkelt finnas lokalt.

Inom segmentet villa/småhus kan dock nämnas att det för normalanslutningen på 20–35 A i snitt finns utrymme i servisen på cirka 40–50 % ökat uttag på timbasis även vid höglast. Detta kan översättas till cirka 5–12 kW.

I och med att det bedöms som sannolikt att laddplatser för elfordon till stor del ska anslutas till 0,4 kV-nätet är det den lediga kapaciteten genom hela nätet till 0,4 kV-nivån som avgör om det finns möjlighet att inom ramen för befintlig kapacitet ansluta laddplatser och om inte, vilka nätförstärkningar som behövs. För större koncentrationer av laddplatser i till exempel, stora parkeringshus eller bussdepåer så är det kan det i många fall att en dedikerad nätstation med transformering 10/0,4 kV för parkeringshuset eller anslutning till 10 kV-nätet för en bussdepå, eller en depå för annan tung yrkestrafik.

5.4 Laddinfrastruktur

Den specifika infrastrukturen för laddning av elfordon, det vill säga laddstolpar eller laddboxar, är hittills endast utbyggd i begränsad skala. Göteborg Energi (GE) deltar som en part i arbetet med att bygga upp laddinfrastruktur i staden. GE har satt upp 13 snabbbladdare (50 kW) på strategiska plaster i staden, och håller på att montera upp 260 normalladdare (22 kW) på p-platser och hos olika kunder.

Antaganden för vilka effekter snabb-, normal-, och långsamladdning antas motsvara för olika fordonstyper år 2030 presenteras i kapitel 2 i bilaga 1.

Staden har en elektrifierad busslinje, linje 55, som går mellan Chalmers i Johanneberg och Campus Lindholmen på den expansiva norra älvstranden på Hisingen. Linjen består av tio bussar, varav tre helelektriska och sju hybridbussar. Bussarna laddas på ändhållplatserna via pantografer som ansluter till motgående koppling på bussarnas tak. Till sommaren 2018 kommer delar av busslinje 16 att elektrifieras, lagom till att Volvo Ocean Race kommer till staden i juni.

5.4.1 Utredning av bussdepåer och ändhållplatsladdning

Inom ramen för forskningsprojektet EAEB²⁰ har kostnadsuppskattningar för elektrifiering av bussar gjorts. Studier har gjorts på ett antal skarpa förslag från Västtrafik både för bussdepåladdning och ändhållsplatsladdning.

På bussdepåerna skulle laddning ske med maxeffekter på 80 till 160 kW per laddplats. Bedömningen utifrån körsträckor och laddmönster visar att en optimalt utformad laddning skulle kunna innebära att toppeffekten på hela bussdepån skulle kunna vara cirka 60–65% av den installerade möjliga laddeffekten. Kostnaden för utbyggnad av elnätet fram till själva laddplatsen inne på depån bedöms variera från cirka 100 till cirka 250 tkr per buss/laddplats och 1500–2500 kr per kW.

²⁰ Forskningsprojekt inom energiförsörjningsalternativ för elektrifierade bussystem

Undersökta förslag på laddare för ändhållplatser kan ha en effekt mellan 150 och 450 kW. Bedömningen utifrån körsträckor och laddmönster visar att en optimalt utformad laddning skulle kunna innebära att toppeffekten på hela ändhållplatsen skulle kunna vara knappt 50 % av den installerade möjliga laddeffekten. Kostnaden för utbyggnad av elnätet fram till själva laddplatsen inne på ändhållplatsen bedöms variera från cirka 380 till cirka 740 tkr per buss/laddplats och 1300–2500 kr per kW.

Studiens slutsatser är att det är antalet laddplatser snarare än laddplatsernas effekt som är kostnadsdrivande i och med att en stor del av kostnaden för utbyggnaden av nätet består av kostnader för schakt, som inte är särskilt effektberoende. Behövs schaktning för kablar fram till laddplats eller för förstärkning av bakomvarande nät blir kostnaden väsentligt större oavsett hur liten kapacitetsökningen behöver vara. Den geografiska placeringen av laddplatser kan också ha en stor inverkan. I vissa fall består upp till hälften av kostnaden för utbyggnaden av kostnader för förstärkning av 10 kV-nätet och bakomvarande nät fram till ändhållplatsen eller depån. I andra fall har inga eller mycket begränsade förstärkningar i 10 kV-nätet behövts.

Det kan göras sannolikt att vid uppbyggnad av depåer eller platser med snabb laddning för yrkestrafik kommer betydande kostnader för nätförstärkning behöva göras. Ofta finns ingen eller mycket begränsad nätkapacitet inom områdena, vilket inte sällan även gäller fram till områdena.

5.5 Utredning av typiska laddplatser för privatbilar

Eftersom det endast finns en mycket begränsad erfarenhet av större implementation av laddplatser för privatbilar, och då en enkel modell för bedömning av behov av nätförstärkningar saknas, har tre exempel tagits fram och analyserats. Två stickprov på småhusområden har gjorts, ett med mindre småhus och radhus och ett med större småhus. För parkeringshus har ett fiktivt parkeringshus med cirka 500 platser analyserats.

5.5.1 Småhusområde

Analysen av de båda småhusområdena visar att det finns ledig kapacitet i nätstation, transformator 10/0,4 kV och 0,4 kV-nät som kan hantera viss eller storskalig utbyggnad av långsamladdning. Analysen är gjord för en bil per anslutningspunkt och visar att 95–100 % av anslutningspunkterna skulle kunna klara att ansluta långsamladdning på sin servis utan utökning. Resterande skulle kunna behöva byta huvudsäkringen och i undantagsfall förstärka servisen. Motsvarande siffra för normalladdning är 40–50 % och för resterande andel skulle det troligtvis krävas mer frekvent förstärkning av servisen jämfört med långsamladdning.

Vid långsamladdning skulle lågspänningsnäten klara 100 % utbyggnad utan större förstärkningsbehov. Lokala, mindre flaskhalsar skulle sannolikt behöva byggas bort. Motsvarande siffra för normalladdning är 35–50 %.

När det gäller transformering 10/0,4 kV ser situationen olika ut de två områdena. I det ena fallet skulle transformatorn endast klara 22 % och 8 % utbyggnad av långsam- respektive normalladdning. I det andra fallet är motsvarande siffror 100 % och 33 %.

Analysen visar också att belastningen i 0,4 kV-nätet och tillhörande transformator har en variation över dygnet som uppgår till cirka 5–10 % av maxbelastningen. Skulle laddningen kunna styras till dessa tider skulle ytterligare ett 10-tal långsamladdare och 3–5 normalladdare kunna anslutas.

Ovan beskrivna analys utgår från att alla laddar samtidigt med maximal effekt och vid hög belastning i nätet. En bedömning av det faktiska laddbehovet är att en personbil körs cirka 3 mil per dygn. Vid en förbrukning på cirka 2 kWh/mil skulle laddbehovet sett över ett dygn vara

6 kWh. Vid en återhållsam bedömning att bilen står stilla vid en laddplats endast 6 timmar per dygn skulle medeleffekten för laddbehovet vara 1 kW. Detta är väsentligt lägre än både långsamladdning på 3,7 kW och normalladdning på 11 kW.

Vid en ansats att det genomsnittliga laddbehovet på 1 kW är det som slår igenom på elnätet i stort skulle behovet av förstärkningar i lokalnätet, bortsett från enstaka förstärkning av serviser och enstaka delar av 0,4 kV-nätet, vara mycket begränsade.

I det fall ovan där transformatorkapaciteten begränsar antalet laddplatser skulle 22 % kunna ökas till cirka 85 %. Det skulle också vara möjligt att ansluta en hög grad av laddplatser med normalladdning om styrning kan ske mot tillgänglig kapacitet i olika delar av elnätet. Exempelvis om samtliga småhus har en normalladdning, men användandet begränsas om kapacitet i nätet saknas eller kombineras med styrning av annan utrustning i hemmet, typiskt termisk trög utrustning.

För att bedöma kostnaden för den utbyggnad som krävs, har två scenarion tagits fram:

1. Normalladdning utan sammanlagring vid höglast
2. Långsam laddning utan sammanlagring vid höglast

Uppskattningsvis skulle utbyggnad för att hantera scenario 1 kosta 2,0–4,0 mkr beroende på vilket område som undersöks. Uppskattningsvis 20–30 tkr per laddplats.

För att hantera scenario 2 skulle kostnaden vara 0 kr i det ena fallet i och med att befintligt nät har kapacitet att klara utbyggnaden men i det andra fallet skulle kostnaden uppgå till cirka 1,1 mkr vilket skulle motsvara 5 tkr per laddplats om denna fördelas jämt för alla kunder. Som ovan resonemang antyder skulle dock denna kostnad kunna undvikas eller skjutas på framtiden om lasten jämnas ut baserat på totalt laddbehov och anpassas till tider på dygnet med låg belastning.

Enligt det regelverk som styr anslutningsavgifter kan de som först begär en höjning av sin huvudsäkring utan att det krävs förstärkning av servis eller bakomvarande nät göra detta i princip utan kostnad. Det kan dock uppstå situationer där den sista laddplatsen i området kommer att behöva stå för hela marginalkostnaden för att förstärka nätet vilket skulle kunna innebära kostnader i storleksordningen 100 000 kr.

5.5.2 Tariffer och styrning

Det är sannolikt att framtidens tariffer i allt större grad kommer utgå från utnyttjad effekt, eventuellt också med tidsdifferentiering för att stimulera efterfrågefleksibilitet och styrning av förbrukning.

Utöver eventuella direkta kostnader för förstärkning av elnätet som kan hänföras till en utökning av servisen eller höjning av huvudsäkringen, kommer kunderna, i den stund uttagen effekt ökar till följd av elbilsaddning få en högre nätkostnad. Detta kan mycket väl stimulera till utjämning av laddning. Det är därmed viktigt att den utrustning som installeras stödjer en dynamisk styrning av laddning, eventuellt tillsammans med en styrning av byggnaderna i stort.

5.5.3 Parkeringshus

Analysen av parkeringshuset har utgått från ett fiktivt p-hus med 500 platser. Analysen har utgått från en påverkan på elnätet som innebär att alla platser ska laddas med normalladdning på 11 kW per plats, eller långsam laddning på 3,7 kW per plats eller, ett effektbehov utifrån energibehov dividerat på antalet timmar bilen står stilla i parkeringshuset, det vill säga med lastbalansering. Detta har uppskattats till 1 kW per plats likt ovan för småhusområdet.

Bedömningen är att i samtliga fall så behöver en förstärkning av nätet göras till p-huset. Idag har p-hus generellt inte serviser som är anpassade till större elbehov än belysning och ventilation. Eventuellt kan vissa p-hus husera nätstationer eller ha nätstationer nära lokaliserade vilket kan möjliggöra en låg kostnad för förstärkning av elnätet i fall när endast 1 kW per plats behövs.

Kostnaderna nedan inkluderar inte utbyggnad av nätet i parkeringshuset. Detta innebär att dessa inte är jämförbara med småhusområden.

För scenariot där 500 bilar ska ladda samtidigt med 11 kW är behovet drygt 0,5 MW. Kostnaden för utbyggnad bedöms vara cirka 4–5 mkr eller cirka 10 tkr per plats.

För scenariot med långsamladdning 3,7 kW per plats bedöms kostnaden vara 2–2,5 mkr eller cirka 5 tkr per plats.

I fallet där det dimensionerade behovet är 1 kW per plats bedöms kostnaden vara 0,3–1 mkr eller upp till 2 tkr per plats. I fall där endast en lokal förstärkning till befintlig nätstation i eller precis i anslutning till p-huset behövs, blir alltså kostnaden per plats mycket begränsad.

Om elnätet behöver dimensioneras för att alla bilar ska normalladdas och utan styrning är ovan beskrivna kostnader underskattade, då de inte helt och hållet kan sägas spegla investeringarna som krävs i överliggande eget nät eller regionnät. Inom samma förstärkning som det minsta behov ger upphov till skulle dock 10 % av bilarna kunna normalladdas om övriga bils behov kan skjutas i tiden något.

5.6 Elkvalitet

Förutom möjlig överbelastning av transformatorer och ledningar kan i vissa fall elfordonsladdning orsaka problem med elkvalitet som måste uppfylla vissa standarder. Det finns till exempel en risk att ett stort belastningsuttag orsakar låg spänning som då orsakar ökade förluster i nätet. Då fordonsladdningen kan variera kraftigt under dygnet kan vissa transformatorer i lågspänningsnätet behöva kompletteras med en extra reglerutrustning (lindningsomkopplare). Denna lösning är mycket vanlig i övriga elnätet men det har ännu inte funnits behov för denna reglering tidigare i distributionsnätet.

Andra problem med elkvalitet som kan uppstå är så kallade övertoner kopplade till elfordonens laddare. Snabbladdare och trefasladdare är oftast utförda på ett sådant sätt att störningar normalt inte uppstår. Långsamladdare, där man ofta kopplar in sig på endast en av nätets tre faser, är i sin natur något mer benägna att generera övertoner och kan då ge obalans mellan de tre faserna, som då främst skapar problem i transformatorer.

En intressant möjlighet med de energilager som börjar kopplas in i näten är att dels avlasta transformatorer och ledningar men också att ge en stabiliserande inverkan på spänningen lokalt.

Andra möjligheter att hantera överbelastning på grund av stort laddbehov är att styra annan förbrukning. Digitaliseringen och de nya möjligheter som kommunikationsteknologi och IoT kommer i framtiden också att kunna påverka hur mycket laddning nätet klarar av.

6 Pusselbit 5: Investeringar och kostnader

Frågan om investeringar och kostnader har analyserats utifrån en indelning i olika typer av aktörer. Övergripande är det en hel del investeringar som behöver göras, och för att de ska komma till stånd är det viktigt med en tydlig gemensam riktning för staden. För att nätutbyggnad ska ske så smidigt som möjligt menar vi att det kommer att krävas tidiga dialoger i byggprojekt och en gemensam förståelse för vilka krav fordonsladdning ställer på elnätet. Samordning och styrning av laddning är en viktig komponent för att undvika effekttoppar och på bästa sätt utnyttja befintlig nätkapacitet. Omställningen till en fossilfri fordonsflotta kommer även att innebära mindre skatteintäkter från fossildrivna fordon, i och med att dessa beskattas mycket högre än den el som motsvarar samma trafikarbete. En central fråga vid elektrifieringen av transportsektorn blir därför hur skatteintäkter ska omfördelas för att fortfarande ligga på önskad/samma? nivå totalt sätt.

6.1 Elnätet

Vad gäller elnätet ser vi i kapitel 5 att investeringar behöver göras på olika håll i nätet, men dels att vissa investeringar behöver göras ändå och dels att behovet påverkas starkt av huruvida laddningen kan ske samordnat så att all laddning inte belastar nätet samtidigt. Hur faktiska beteendemönster är och vilka krav det ställer på elnätet kan behöva utforskas och följas upp kontinuerligt allteftersom beteendemönster ändras.

Finansieringsmodeller för elnät finns idag genom elnätsregleringen, och en analys av hur den samverkar med de investeringar i elnät som behöver göras för laddinfrastruktur har inte gjorts.

För att nätutbyggnad inte ska bli en flaskhals är följande centrala:

- samordnad, eller smart laddning för att undvika effekttoppar och nyttja befintlig kapacitet i nätet
- tidiga dialoger vid byggprojekt
- gemensam förståelse för vilka behov fordonsladdningen ställer på elnätet.

6.2 Professionella åkare

Utmärkande för den här gruppen är att relativt nya fordon används och att krav på tillförlitlighet är hög. Det finns exempel på att s.k. livscykelkostnaden (Total Cost of Ownership, TCO) för olika typer av elektrifierade personbilar närmar sig, eller är lägre än den för fossildrivna²¹. Många verksamheter som använder personbilar, tex taxi, hemtjänst, och hantverkare, har också börjat använda elfordon.

Utbudet av eldrivna lastbilar och bussar är än så länge mer begränsat, men de finns och marknaden utvecklas. I nuvarande takt så kommer inköpspriset för elbussar motsvara dieselbussar år 2030, men om marknaden ökar så kommer det troligen ske tidigare, runt år 2025–2027. Utifrån livscykelkostnaden- kan dock elbussen vara billigare redan idag²². För lastbilar så har Volvo uppskattat att en eldriven lastbil troligen blir billigare än en fossildriven ca 2025. Detta är dock starkt beroende av fordonens applikation.

Än så länge bedöms stöd till miljöfordon vara nödvändig för att elfordon ska väljas. En tydlig inriktning för staden om tex nollutsläpp kommer också vara viktig vid investeringsbeslut. För

²¹ Kate Palmer, James E. Tate, Zia Wadud, John Nellthorp, Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan, Applied Energy, Volume 209, 2018, Pages 108-119, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.089>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626191731526X>)

²²Bloomberg new energy finance, Electric Buses in Cities
<https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2018/05/Electric-Buses-in-Cities-Report-BNEF-C40-Citi.pdf>

vissa verksamheter gäller relativt långa upphandlingstider och det kan vara nödvändigt att en inriktning mot nollutsläppsfordon görs redan vid kommande upphandlingsperiod för att det ska vara verklighet till 2030.

För professionella åkare bedöms följande vara centralt för att rätt investeringar ska göras:

- Fortsatt stöd till miljöfordon/nollutsläppsfordon
- Tydlig inriktning/vision för staden vad gäller emissioner eller kommande krav
- Tydliga och långsiktiga planer för laddinfrastruktur och eventuell nätförstärkning

6.3 Privatpersoner

Till skillnad från de professionella åkarna bedöms privatpersoner använda fordon av en mer varierad ålder, tillförlitlighet och totalkostnad. I ena änden av investeringsskalan finns bilar som kostar ca 5–10 kkr i inköp och i andra änden av skalan helt nya fordon. Det dröjer innan en begagnatmarknad för elfordon finns som spänner över hela det spannet, om den ens kommer att uppstå eftersom det kan behövas att batterier leasas eller behöver bytas. Även för att gruppen privatbilister med elfordon ska öka bedöms stöd till miljöfordon vara viktig. Vad gäller investeringskostnaden finns det prognoser på att det är billigare att köpa en ny elbil än en fossildriven bil år 2025 ²³. Med hjälp av statliga subventioner som exempelvis Bonus-Malus kan det här uppnås tidigare.

Framtidens personliga mobilitet kan också komma att se väldigt annorlunda ut. En del av de som köper en billig bil idag använder den väldigt få timmar per år, så det kan finnas ett stort utrymme för samägda eller hyrda fordon. Dessa möjligheter behöver dock utvecklas för att möta behoven.

I praktiken bedöms dock ett krav på nollutsläppsfordon innebära att de med en mindre budget för sitt bilåkande blir begränsade vad gäller valmöjligheter till sin personliga mobilitet, och en varsam hantering av förutsättningarna för den privata mobiliteten är nödvändig för att inte öka sociala klyftor.

Viktigt vad gäller gruppen privatpersoner:

- Lyhördhet för variationer i förutsättningar för gruppen och de lösningar som finns tillgängliga
- Fortsatt stöd till miljöfordon/nollutsläppsfordon

6.4 Fastighetsägare med många parkeringsplatser

Flerbostadshus, parkeringsgarage, köpcentra, kontorsbyggnader eller liknande med många parkeringsplatser räknas in i den här gruppen. Större serviser kan behövas för den här gruppen (se även tidigare kapitel om elnätet), vilket innebär en kostnad vid s.k. utökning av servisen. Den här typen av investeringar görs även idag, men behöver göras i större utsträckning för att möta behoven om trafiken i staden ska vara helt emissionsfri till 2030. Samordnad laddning blir viktig för att minska kostnader, liksom en god förståelse av laddmönster. Tidig dialog med nätföretag är också viktigt för att inte nätanslutningen ska bli en flaskhals.

- Gemensam förståelse för vilka behov fordonsladdningen ställer på elnätet
- Tydlig inriktning/vision för staden vad gäller emissioner eller kommande krav

²³ Pretty Soon Electric Cars Will Cost Less Than Gasoline, Jess Shankleman, Bloomberg New Energy Finance, 2017

6.5 Laddinfrastruktur och nya tjänster

Leverantörer av laddinfrastruktur och nya tjänster såsom betaltjänster eller samordning av laddning finns idag, och kommer behöva möta en större efterfrågan både till volym och olika produkter/tjänster framöver. Även bilpooler och nya typer av uthyrningstjänster kan räknas in i den här gruppen. För att gruppen ska utvecklas behöver det finnas en tydlig efterfrågan, vilket hänger ihop med en tydlig riktning för staden.

6.6 Omfördelning av skatter

Försäljning av bensin och diesel genererar mer skatteintäkter än försäljning av den el som motsvarar samma trafikarbeten. Även om dessa skatter bara till viss del finansierar underhåll av vägnätet är den en inkomst till den offentliga sektorn som behöver beaktas. Som ett räkneexempel använder vi privatbilismen 2030 enligt modellen som beskrivits ovan.

I beräkningen har, förutom värdena för trafikarbete som presenterats i tidigare kapitel, följande antaganden använts:

- Diesel- och bensinbilar förbrukar 0,7 liter/mil.
- Av trafikarbetet 2017 som används i exemplet utgörs 58 % av bensinbilar och 34 % av dieselbilar²⁴
- Koldioxid- och Energiskatt för 2018 som presenteras i Tabell 4

Tabell 4 - Skattesatser för respektive drivmedel²⁵²⁶

	El [kr/kWh]	Bensin [kr/l]	Diesel [kr/l]
Koldioxidskatt	0,41	4,84	2,93
Energiskatt		3,21	2,74

Givet dagens priser och den trafikvolym i Göteborg som år 2030 antas vara elektrifierad istället för driven av fossila bränslen fås att skatteintäkterna minskar med drygt en miljard kronor. Annorlunda uttryckt är skattebortfallet per fordonskilometer ungefär 0.5 kronor. Det kan ställas i relation till att Financial Times har uppskattat att om 30 % av den globala nyförsäljningen år 2030 består av elbilar så blir det totala skattebortfallet i världen ca 811 miljarder kronor²⁷. Det är viktigt att det här intäktsbortfallet hanteras varsamt för att inte hämma elektrifieringen.

²⁴ Fordon 2017, Trafikanalys,

https://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/fordon/2018/fordon_2017_blad.pdf?

²⁵ Nya skattesatserna för bensin och diesel från den 1 juli 2018, Skatteverket

<https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/nyheter/2018/nyheter/nyaskattesatsernaforbensinochdieselfranden1juli2018.5.41f1c61d16193087d7fd1f3.html>

²⁶ Skattesatser på bränslen och el under 2018, Skatteverket,

<https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/skattesatser.4.77dbcb041438070e0395e96.html>

²⁷ <https://www.nyteknik.se/fordon/sa-mycket-skatt-kommer-elbilarna-kosta-6917502>

7 Pusselbit 6: Vad kan vi jämföra med?

Det är ingen hemlighet att det på flera sätt är en utmaning att helt övergå till ett elektrifierat transportsystem inom en kommun. Befintlig infrastruktur behöver anpassas och på vissa ställen byggas ut eller förstärkas. Att realisera ett infrastrukturprojekt i denna storleksordning och komplexitet kommer att ta lång tid och kosta pengar. Denna studie uppskattar att kostnaden för de nätförstärkningar som krävs för att elektrifiera transportsektorn i Göteborg kommer att vara i storleksordningen 500 MSEK. Denna kostnad grundas i förstärkningar på tre nivåer i nätet: anpassning av överliggande nät; anpassning av lokalt överliggande nät, och; anpassning av det lokala distributionsnätet. För att få perspektiv på kostnaden är det viktigt att också se på de nyttor som elektrifieringen medför. Nedan presenteras kortfattat ett antal större infrastrukturprojekt och några av nyttorna de medfört. Detta för att ha något att referera till vad gäller den komplexitet som kännetecknar elektrifieringen av en större stads trafiksektor.

7.1 Västlänken

Västlänken är en järnväg i tunnel under centrala Göteborg som ger staden genomgående pendel- och regiontågstrafik. Tre nya stationer under mark ska se till att människor kan resa enklare, snabbare och med färre byten i Göteborg och Västsverige. De planerade spåren är i första hand avsedda för regionala persontransporter men genom att delar av nuvarande banor och säckbangård avlastas ökar kapaciteten i hela systemet och för alla slags tåg. Genom att skapa plats för fler tåg ämnar man minska sårbarheten i järnvägssystemet och samtidigt möjliggöra för invånare att ta tåget till för platser i Göteborg.

Västlänken har planerats och utretts sedan 2001 med både idéstudie/förstudie och järnvägsutredning. Sedan 2010 pågår arbetet med att ta fram en järnvägsplan för utbyggnaden. Regeringen beslutade 2014-06-26 att tillåta att Västlänken byggs i Göteborgs Stad och byggstart är beräknad under år 2018. Länken förväntas kunna tas i drift under år 2026. Projektets kostnad beräknas till 20 miljarder kronor.

7.2 Förbifart Stockholm

Trafikverket bygger en ny sträckning för E4 väster om Stockholm för att binda ihop de södra och norra länsdelarna och samtidigt avlasta Essingeleden och innerstaden. Detta ska bidra till att minska känsligheten för störningar i Stockholms trafiksystem. E4 Förbifart Stockholm är det största kombinerade väg- och tunnelprojektet någonsin i Stockholms län och kommer att få stor betydelse för framkomligheten i regionen. Projektet utgörs av en ca 21 kilometers lång ny väg varav drygt 18 kilometer i tunnel för att skona natur- och kulturvärden. Det första spadtaget för förbifarten togs 19 augusti 2014, år 2015 inleddes förberedande byggarbeten och 2016 började arbetet med de första tunneldelarna. Byggtiden förväntas vara cirka 10 år med en trafikstart till år 2026. Budgeten för projektet är på 28 miljarder kronor.

7.3 Citytunneln i Malmö

Citytunneln i Malmö är ett av Sveriges största infrastrukturprojekt och det utgörs av två 6 kilometer långa parallella tunnlar under Malmö, tre stationer och 11 kilometer järnväg ovan mark. Tunneln knyter samman Skåne med Själland och dess främsta uppgift är att göra Malmö centralstation till en genomfartsstation och minska Kontinentalbanan från persontrafik. Redan 1991 togs det första principbeslutet om att en tågtunnel skulle byggas i Malmö. Planer på en fast förbindelse mellan Sverige och Danmark över Öresund fanns redan och en ny järnvägssträckning genom Malmö var nödvändig för dessa planer. Den första utredningen om möjligheterna att bygga tunneln genom Malmö genomfördes 1995. Tre år senare inleddes en projektering där man bland annat undersökte tekniska aspekter och frågor kring

finansiering. Det första spadtaget togs under våren år 2005 och tunneln invigdes i december år 2010. Projektets kostnad landade på 8,6 miljarder kronor.

7.4 Sydvästlänken

Sydvästlänken är Sveriges största stamnätsinvestering någonsin. Det är en elförbindelse som sträcker sig från Närke till Skåne. Då länken tas i full drift kommer överföringskapaciteten för el mellan mellersta och södra Sverige att öka med 25 %. Beslutet om att bygga länken togs av Svenska kraftnäts styrelse i slutet av år 2005 och ledningen började byggas år 2012 med en uppskattad idrifttagning år 2014. Delsträckor av länken har allt eftersom tagits i drift, men projektet har präglats av förseningar och fortfarande (våren 2018) är länken inte helt färdigställd. Den uppskattade officiella kostnaden för projektet uppgår till 7,3 miljarder kronor.

7.5 Lärdomar från Shenzhen

I Shenzhen, Kina har omställningen mot en elektrifierad transportsektor tagit fart ordentligt. Genom den omfattande satsningen förväntas oljeberoendet för transportsystemet bli mindre, luftkvaliteten i den tätbefolkade staden förbättras samt att staden blir världsledande inom elfordon. Störst fokus har varit på kollektivtrafik och taxi, och vid nyårsskiftet 2018 fullbordades Shenzhens omställning inom bussflottan till drygt 16 000 eldrivna bussar. Taxiflottan ska vara utbytt till 2020, där fler än 17 tusen fordon förväntas gå på eldrift och i dagsläget är mer än hälften av arbetet redan gjort.

Flera starka, nationella incitament har införts från kinesiska regeringen för att främja R&D inom området, och i Shenzhen har dessutom en alternativ affärsmodell implementerats. Genom att starta statligt ägda företag med stor ekonomisk frihet har investeringar i ett stort antal fordon och mycket infrastruktur kunnat göras. Därmed har en accelererad marknadsutveckling kunnat ske, och omställningen göras betydligt fortare än i övriga pilotstäder runt om i landet. Involverade aktörer har även haft större möjlighet att samspela och balansera sina intressen, men kraftig marknadsstyrning inte är riskfritt trots sina till synes oklanderliga fördelar. Privata aktörer har begränsat spelrum på den statligt styrda marknaden för både fordon och infrastruktur, och gör det svårare för nya företag att etablera sig. I Shenzhen har det även varit svårt för utländska tillverkare att konkurrera om marknadsandelar då inhemska företag ges stora ekonomiska fördelar. För att stabilisera både marknaden och ekonomin är nästa steg i utvecklingen att skapa samarbeten mellan privata och statligt ägda aktörer, samt att standardisera tekniken för högsta effektivitet. På så sätt blir förutsättningarna mer rättvisa för samtliga aktörer, och Shenzhen kan ses som en ännu större förebild för andra utvecklingsstäder. I Shenzhen, och ett flertal andra kinesiska städer, har politiska incitament i form av lokala och nationella subventioner spelat en viktig roll för att stänga kostnadsgapet mellan elektriska bussar och konventionella diesalbussar. Redan innan år 2016 erhöll aktörer ett bidrag på \$150 000 för en 12-meters elbuss, vilket utgjorde mer än hälften av fordonets kostnad.

8 Pusselbit 7: Batterier och laddmöjligheter

Laddbara fordon utgör fortfarande en relativt ny teknik, varför de fortfarande är mycket dyrare än motsvarande fordon med förbränningsmotor, vilket kan sägas utgöra en tröskel för nybilsköpare. Den största kostnadsposten utgörs dock av batterierna och tekniska förbättringar, skalfördelar, ökad efterfrågan och en konkurrenssatt marknad pressar ständigt priserna. Utöver detta blir batteriernas livslängd allt längre tack vare bättre tekniker och förbättrade laddmöjligheter. Ett hinder för fordonsägare får dock fortfarande sägas vara tillgången till laddare. En fordonsflotta bestående av batteridrivna bilar kräver att laddningsstationerna ligger tätt och är tillräckligt många i antal så att fordonsägare inte behöver vänta för att få tillgång till en laddstation, varför en stor stad som Göteborg behöver satsa på att premiera utbyggnad av laddinfrastruktur.

8.1 Kostnadsutveckling för batterier

Batterifordon är idag avsevärt dyrare än motsvarande fordon med förbränningsmotor. Skillnaden beror på att tekniken är ny och tillverkningsvolymerna för komponenterna i ett batterifordon är låga jämfört för den traditionella tekniken där branschen pressat kostnaderna under lång tid. Största delen av den ökade kostnaden står batteriet för. Den är idag ca en tredjedel eller mer av kostanden för fordonet, men kommer att minska till 2030, eftersom ökade tillverkningsvolymerna och hård konkurrens gör att batteripriset sjunker.

Enligt Bloomberg New Energy Finance har priset på litiumjonbatterier minskat med 73 % på sex år. År 2010 kostade batterier ungefär 1000 \$/kWh och 2016 273 \$/kWh. Prisnedgången beror delvis på tekniska förbättringar och skalfördelar, men även på konkurrensen mellan batteritillverkarna. Den totala produktionskapaciteten för litiumjonbatterier är 103 GWh: De två största tillverkarna LG Chem och BYD står för nästan en tredjedel av denna. Av hela produktionskapaciteten stod elfordon för 20 GWh, alltså ca en femtedel av den totala kapaciteten. Bloomberg har även uppskattat behovet av batterier för elfordon år 2025 till 408 GWh.

Försäljningen av elfordon blev lägre än väntat första halvan av 2010-talet men har sedan dess ökat kraftigt. Prognosen både för laddfordon och för batterier år 2025 och 2030 är att försäljningen ökar. Den hårda konkurrensen i branschen kommer att leda till sänkta batteripriser med ökade volymer. Produktionskostnaden för batterier kommer att minska och det forskas intensivt på nya material. Kostnaden för att tillverka batterier (celler) uppskattas till cirka 110–120 \$/kWh år 2025 och ca 100 \$/kWh eller mindre år 2030.

8.2 Batterikapacitet i fordon och laddningsinfrastruktur

Om man försöker kostnadsoptimera batteristorleken i en privat helelektrisk batteribil ser man att det är svårt att försvara riktigt stora batterier. I batteriet i en typisk personbil cyklas energi motsvarande 500–1000 fulla battericykler under fordonets livstid. Forskning i samverkan med Swedish Electromobility Centre²⁸ visar att ett batteri klarar ca 3000 cykler innan det når end-of-life och att efter 500 cykler (fordonets livstid) har batteriet ungefär 90 % av kapaciteten kvar. Batteriet kör alltså återanvändas och få ett "second life" för att få stor kostnadseffektivitet och minimal miljöpåverkan som möjligt.

I en laddhybrid ser bilden annorlunda ut. Batteriet är mindre och cyklas oftare. Det cyklas ungefär 2–3000 fulla cykler under sin livstid och når troligen end-of-life. Kommersiella fordon

²⁸ Forskningsamarbete med A Shifa Mussaa, A Liivat, F Marzano, M Klett, B Philippe, C Tengstedt, G Lindbergh, K Edström, R Wreland Lindström, P Svens

som taxi, personbilar som delas i mycket hög grad, godstransporter eller bussar kommer däremot att nyttja batterierna väl. I dessa behöver batteriet bytas ut under fordonets livstid.

I princip skulle man kunna minska batteristorleken i privatbilar och istället ladda dem ofta. Vår bedömning är ändå att köpare av en privatbil, värdesätter tryggheten att veta att man alltid når sitt mål utan problem och därför är det rimligt att speciellt premiumbilarna kommer att ha relativt lång räckvidd (ca 500 km). För massmarknad- och budgetfordon, där priset spelar större roll, spelar batterikostanden en, relativt sett, viktigare roll, och det finns större anledning att optimera räckvidden för förväntad användning.

Eftersom både miljöpåverkan och kostanden för fordonet påverkas av storleken på batteriet kan ökningen av räckvidden ibland ifrågasättas. Samtidigt kräver ett transportsystem av fordon med relativt små batterier, i högre grad än för fordon med lång räckvidd, att laddningsinfrastrukturen är väl utbyggd. En ägare av ett batterifordon bör kunna långsamladda i bostadsområden och på arbetsplatser (långsamladdning) samt längs vägnätet och i centrum av samhällen (snabbladdning).

Långsamladdning, kommer att vara det dominerande sättet att ladda batteriet för alla som har möjlighet. Batteriet livslängd minskar inte lika snabbt vid långsamladdning som vid snabbladdning. Långsamladdning är därför positivt både ur ett kostnads- och ett miljöperspektiv. Långsamladdning kommer att behövas både i bostadsområden och vid arbetsplatser för de som har långa pendlingsavstånd.

Laddinfrastrukturen av publika snabbladdare i städer och längs vägnätet bör byggas tätt för att minska behovet av noggrann planering innan man ger sig av på en resa för att undvika problem med att batteriet tar slut på vägen. Ur ett systemperspektiv (hela transportsystemet) är en väl utbyggd laddningsinfrastruktur ingen hög kostnad. Speciellt tydligt blir det om man tittar på kommersiella fordon. Kostnaden för dessa domineras helt av lönekostnaden för föraren, och både kostnad för batteri och laddstationer är små i jämförelse.

En fordonsflotta bestående av batteridrivna bilar kräver att laddningsstationerna ligger tätt och är tillräckligt många i antal så att fordonsägare inte behöver vänta för att få tillgång till en laddstation. En grov uppskattning på behovet av antal snabbladdare är ungefär en laddare per 100–500 bilar. I en relativt stor stad som Göteborg eller Stockholm är kraven på laddplatser för snabbladdning inte förenligt med önskemålen om förtätning av staden och minskningen av utrymme för parkering eller laddning. För att nå de nationella målen av minskade koldioxidutsläpp måste trots det utrymme tas till laddstationer. Det finns inte så stora skalfördelar med att ha många laddare på samma ställe, så de kan spridas ut över tillgängliga mindre ytor utan att kostnaderna ökar.

8.3 Miljöpåverkan av batterier

Miljöpåverkan av elfordon är komplex, inte minst när det gäller batterier och batteriproduktion. Resultat från studier skiljer sig ofta åt, beroende på exakt vad som studerats, metod, antaganden samt hur avgränsningarna för studierna gjorts. Många studier har undersökt utsläppen av växthusgaser från batteriproduktion, med ett stort antal resultat och konsekvenser.

ICCT²⁹ har sammanställt data från olika LCA studier av batterier. Mängden koldioxidekvivalent per kilowattimme varierar enligt rapporten mellan 56 to 494 kg CO₂-eq/kWh. IVL's studie i Sverige av M Romare och L Dahllöf är en av de studier som ingår. Även de har studerat ett flertal LCA studier och kommit fram till utsläpp av ca 150–200 kg CO₂-eq/kWh. Det finns även

²⁹ Dale Hall and Nic Lutsey

indikationer på att desto nyare data som används i en LCA analys, desto lägre CO2 utsläpp. Utvecklingen går alltså i rätt riktning.

Gemensamt för studierna är att den största bidragande faktorn är CO2-utsläppen kopplade till elenergin som används i produktionsprocessen. I takt med att antalet elfordon växer blir även batteriproduktionen mer effektiv, vilket minskar CO2-utsläppen per producerad enhet. En återanvändning av batterierna som stationär lagring skulle också minska utsläppen av CO2 ur ett livscykelperspektiv. Utsläppen av koldioxid vid tillverkningen av en elektrisk drivlina är större än för en förbrännings-motor men är betydligt lägre under själva användningen.

För att göra en korrekt jämförelse mellan ett batterifordon och ett fordon med förbränningsmotor måste man titta på fordonet hela livscykel, inklusive användningen av fordonet. För det första är en elektrisk drivlina 2–3 gånger så effektiv som en traditionell vilket gör att varje kilowattimme energi är mer effektivt använd än motsvarande energimängd i ett förbränningsfordon. För det andra så minskar miljökonsekvenserna av batteritillverkningen om batteriet används (cyklas) maximalt antal gånger under dess livstid, dvs i proportion till antalet körda mil. Enligt rapporten är utsläppen i Europa (ur ett livscykelperspektiv) vid realistisk användning av ett batterifordon ca tre fjärdedelar av utsläppen med den bästa förbränningsdrivlinan och ca hälften så höga om man jämför med en medelbil.

Referenser

<https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2017/07/BNEF-Lithium-ion-battery-costs-and-market.pdf>

<https://www.theicct.org/publications/EV-battery-manufacturing-emissions>

<https://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebede9559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>

9 Pusselbit 8: Frigörande av biodrivmedel

En elektrifiering av transportsektorn i svenska städer och deras kranskommuner kommer att frigöra stora mängder drivmedel, som exempelvis biogas som i dagsläget används i stadens kollektivtrafik. En övergång till eldrift inom kollektivtrafiken möjliggör därmed en utökad användning av biodrivmedel inom andra sektorer inom regionen. Exempelvis kan den biogas som idag används i stadsbussar flyttas utanför innerstaden för att istället användas i regionbussar samt för regionala och långväga godstransporter. Ett hinder för detta får dock sägas vara bristen på incitament för de aktörer som behöver göra investeringar för att åstadkomma denna omställning. Idag får exempelvis kollektivtrafikföretag stå för den ekonomiska risk som en uppgradering av fordonsbeståndet skulle kunna medföra helt själva. Vi menar därför att ett det måste till ett nationellt stöd för omställning av kollektivtrafik.

För att minska växthusgasutsläppen från inrikes transporter med 70 procent till år 2030 behövs troligen en kombination av olika förnybara drivmedel och nya typer av fordon. En omfattande elektrifiering av vägtransporterna i städerna kan frigöra stora volymer drivmedel, som HVO och biogas, som därmed kan användas i andra delar av transportsystemet. Det kan till exempel vara regionala eller långväga transporter eller andra transportslag som luftfart och sjöfart.

HVO och biogas kan exempelvis behövas för tunga långväga transporter och regional kollektivtrafik. I Västra Götalands Regionens miljö- och klimatstrategi pekas biogas ut som ett drivmedel som är lämpligt att användas för den regionala kollektivtrafiken där så är möjligt.

För tunga långväga transporter krävs förvätskning av biogas för att kunna lagra en tillräcklig energimängd i fordonet. Förvätskningen ökar också möjligheten att transportera biogasen över längre avstånd. Det behövs dock ekonomiska incitament för att möjliggöra en utbyggnad av den nödvändiga infrastrukturen för flytande biogas. Den finns redan idag ett stödprogram för sådan infrastruktur men det kan behövas en förlängning och utvidgning av det för att åstadkomma verklig skillnad på området.

Sammanfattningsvis bör den stora potentialen för elektrifiering av stadens transporter realiseras för att frigöra volymer av fossilfria drivmedel som behövs i andra delar av transportsektorn.

10 Pusselbit 9: Styrmedel och politiskt ledarskap

I dagsläget finns ett antal styrmedel och program som verkar för att fasa ut fossila drivmedel ur transportsektorn. Fortfarande får dock sägas att utvecklingen går långsamt framåt. För att Sverige och svenska städer ska placera sig i framkant och fungera som förebilder behövs därför tydligare incitament och styrmedel som främjar omställningen till en fossilfri fordonsflotta. Många av de indirekta nyttorna – så som stimulering av stadens näringsliv, akademi och besöksnäring – som en elektrifiering innebär är beroende av att just vara i framkant. Sett till andra delar av världen ligger Sverige dock redan efter och det som krävs för att komma ikapp och placera sig i framkant är främst styrmedel och politiskt initiativ. Beslut om styrmedel och initiativ tas på olika nivåer; lokalt, regionalt och nationellt samt på EU-nivå och har ofta långa ledtider. För möjliggöra en elektrifiering av städernas transporter till år 2030 och realisera nyttorna behöver därför ett antal utredningar som kan ligga till grund för nya styrmedel tillsättas omgående.

10.1 Nulägesanalys

Det finns för närvarande ett antal styrmedel och mekanismer som påverkar transportsystemet och som gynnar en elektrifiering av transporter. Dessa är bland andra:

- Bonus-Malus. Gäller personbilar f o m 2018-07-01. Gynnar nyregistrerade rena elbilar med 60 000 SEK i bidrag och laddhybrider med ca 20 000 SEK. Systemet är för närvarande gällande t o m 2020-12-31.
- Elbusspremie. Bidrag med 20% av busskostnaden. Gäller t o m 2023.
- Klimatklivet. Kan ge stöd till bland annat laddinfrastruktur. Gäller till år 2023.
- Ett Ladda hemma-stöd har införts som ger ekonomiskt stöd till privatpersoner att installera laddpunkter vid bostaden. Gäller till 2020.
- Stöd till köp av elcykel

Ett nytt stadsmiljöavtal är aktuellt. Det ingår i Nationell plan 2018–2029 och omfattar totalt 12 Mrd SEK, dvs ca 1 Mrd SEK/år. Stödet kan riktas till bland annat anläggningar för regional och lokal kollektivtrafik, vänthallar, spåranläggningar, Bus Rapid Transport-lösningar, kollektivkörfält, laddinfrastruktur för elbussar (om del i ett större paket) och biogasanläggningar. Stödet kan vara upp till 50 %.

Ett styrmedel som nyligen blivit möjligt att lokalt besluta om är införande av miljözoner. Miljözon 2 kan införas tidigast år 2020 och Miljözon 3 år 2022. Miljözon 3 innebär i regeringsbeslut våren 2018 att endast utsläppsfria fordon (eldrivna fordon och bränslecellsfordon) samt biogasfordon tillåts i zonen. Att biogasfordon tillåts i Miljözon 3 är en utökning av Transportstyrelsen föreslagna definition, som endast avsåg fordon med nollutsläpp.

Trängselskatt är införd i Stockholm och Göteborg. Introduktionen av trängselskatten beräknas minska trafiken generellt med ca 10 % samt vara en indirekt finansieringskälla för lokala investeringar i transportinfrastruktur och kollektivtrafik. Inledningsvis premierades miljöfordon i Stockholm, dessa slapp skatten helt, varvid ett litet antal biltillverkare fick en mycket stark lokal marknad för sina miljöfordon.

Indirekta styrmedel som används av städer idag är till exempel styrning mot ett minskat antal fordon genom lokal parkeringsstrategi, minskade parkeringstal vid nya bostäder och ökade p-avgifter avseende såväl kostnad som geografiskt område.

10.2 Beslut om styrmedel

Beslut om styrmedel och initiativ tas på olika nivåer; lokalt, regionalt och nationellt samt på EU-nivå. Nedan beskrivs rekommendationer som i detta arbete lyfts fram som önskvärda.

10.2.1 På lokal nivå

- Ta fram en plan för utbyggnad av laddinfrastruktur, i samarbete med lokala eldistributören (Göteborgs Energi) samt företrädare för fastighetsägare mm samt intressenter som kan erbjuda laddtjänster. Detta med en ambition som 2030 medger laddmöjlighet för samtliga innerstadsfordon.
- Utredning om införande av miljözoner startas snarast. Detta med inriktning att i steg och i tid samt i ökande geografisk omfattning införa zoner som resulterar i att senast år 2030 utgör hela innerstaden miljözon 3, tillåtande endast nollmissionsfordon. (Utredning 2018–2020, beslut att införa zoner enligt planen ca 2020, därefter följdbeslut enligt plan.)
- Vid upphandling av egna transporter, inklusive avfall mm, sätts krav på nollutsläpp i innerstaden. (Beslut 2020)

10.2.2 Regional nivå

- Intensifierad satsning på kollektivtrafiken med aktiv styrning/skifte mot emissionsfri kollektivtrafik (med beslut om innerstadsbussnät senast år 2022). För att möjliggöra elektrifiering av busslinjer i områden i Göteborgs grannkommuner före 2030 krävs beslut 2020. Stöd söks snarast genom t ex Stadsmiljöavtalen, syftande till att ge riskavlyft för denna tidiga elektrifiering.
- Planera och uppför omlastningscentraler för gods för vidare distribution i innerstaden och övrig tätort. (Beslut 2020, färdigt 2026)
- Verka för samdistribution av varor och gods
- Upphandla emissionsfria transporter för den egna verksamheten. (Beslut löpande från 2020)

10.2.3 Nationell nivå

- Tillåt eldrift med laddhybridfordon inom miljözon 3, förutsatt att de körs på el inom miljözonen. (Beslut 2020)
- Tillåt lokalt beslut att förbjuda förbränningsmotorer inom miljözon 3. (Beslut 2020)
- Miljödifferenziera trängselskatten stegvis fram till 2030 och därmed skapa ett allt starkare ekonomiskt incitament att välja emissionsfria fordon vid byte av bil. Detta kan ske utan att behöva förändra den totala trängselskatten. (Beslut 2022)
- Utvärdera och vid behov förläng rådgivande och föreslagna stöd (löpande beslut från ca 2021)

10.2.4 Övrigt

- Stöd till installation av laddpunkter ska från och med år 2022 villkoras med framtida möjlighet till smart laddning, dvs teknisk möjlighet till styrning av laddningen avseende tid, effektuttag och energimängd. Inledningsvis accepteras att utrustningen är anpassad för en uppgradering till låg kostnad. (Beslut 2020)

11 Pusselbit 10: Vad behöver göras när?

En omfattande elektrifiering av Göteborgs transporter år 2030 kan endast uppnås under förutsättning att en rad åtgärder vidtas i närtid för att skapa en drivkraft i utfasningen av fossila drivmedel och för att tillhandahålla laddinfrastruktur och kapacitet i elnäten. För möjliggöra en elektrifiering till år 2030 och väcka de potentiella nyttorna som det kan medföra behöver ett antal utredningar som kan ligga till grund för nya styrmedel tillsättas omgående.

En rad utredningar och planeringsinsatser behöver initieras omgående för att underlätta för elektrifieringen av transporterna. På en övergripande nivå behöver möjligheterna och utmaningarna med elfordon inkluderas i planering av nya stadsdelar och den övergripande planen för regionens utveckling. Därtill behövs planer för hur utbyggnaden av laddinfrastruktur kan se ut och hur olika delar av de lokala elnäten behöver förstärkas, vilket i sin tur behöver inkluderas i den regionala och nationella planeringen av elnät och energiförsörjning.

I kombination med planerna behövs incitament och drivkrafter för elfordon i olika sektorer. Det är bråttom att justera styrmedel (enligt förslag i kapitel 10) och att påbörja upphandlingen av elbussar och tillhörande laddinfrastruktur. Kollektivtrafiken upphandlas i långa kontrakt och därför behöver förutsättningarna för att upphandla elbussar komma på plats redan nu om förändring ska ske till år 2030. Personbilsflottan byts ut i långsam takt och därför måste omställningen påbörjas så fort som möjligt för att kunna få något genomslag till år 2030.

På kort till medellång sikt (2020–2025) behövs en snabb utbyggnad av kommersiell och privat laddinfrastruktur, som efter hand leder till utbyggnad av de lokala elnäten. Men det måste redan nu tas höjd för det i planeringen av de regionala elnäten.

12 Rekommendationer

Enligt denna analys av Göteborg finns det troligtvis inga oöverstigliga hinder för att elektrifiera en stor del av transporterna i svenska städer. Till att börja med skulle en relativt stor andel nattladdning kunna introduceras till låga kostnader och utan ett ökat behov av nätkapacitet. Dessutom kan laddhybrider och mindre elbilar utan något större tillkommande energi- och effektbehov introduceras redan idag utan stora ekonomiska incitament. Däremot är det viktigt att redan nu få alla nödvändiga pusselbitar på plats för att möjliggöra för en snabb elektrifiering av samtliga delar av transportsektorn.

På kort sikt behövs planer och styrmedelsjusteringar för att fördela de inledande kostnadsökningarna som elektrifieringen medför, vilket på lång sikt kommer att medföra betydande samhällsekonomiska nyttor.

Till att börja med behövs nödvändiga förutsättningar för att de närmsta åren påbörja upphandling av elbussar i kollektivtrafiken, och därefter måste förutsättningarna för en omfattande introduktion av laddbara personbilar komma på plats.

Det är också viktigt att i ett tidigt stadium inleda arbetet med att skapa smart styrning av laddningen både gällande beteende och teknik. Det vill säga arbeta med ekonomiska incitament för att skapa en marknad och drivkrafter för smart laddinfrastruktur. Behovet av energi och effekt måste också inkluderas i planeringen av elnät på nationell, regional och lokal nivå, där alla nivåer behöver god framförhållning men särskilt lång framförhållning behövs längre uppströms i elnäten.

Effektbaserade och tidsdifferentierade nättariffer skulle kunna vara en tydlig styrsignal gentemot förbrukare. Om det blir märkbart för slutanvändare vad det är som kostar i elöverföringen kommer fler att bry sig om när de förbrukar och laddar sin elbil. Från och med år 2019 kommer det vara tillåtet för nätbolag att införa pilotprojekt för tariffer. Det innebär att det kommer vara möjligt att testa tidsdifferentierade tariffer för utvärdering, det vill säga tariffer som styr förbrukning så som laddning till låglasttid.

Även om projektet visar på att det är möjligt att elektrifiera transportsektorn i Göteborgs kommun så kommer det påverka övrig stadsutveckling inom området. I Stockholm är befintligt nät redan hårt belastat och tillgänglig kapacitet är inte tillräcklig för all tänkbar tillkommande last, att etablera en större serverhall är till exempel inte möjligt inom staden i dagsläget. För att inte hamna i samma situation i Göteborg krävs en god planering för investeringar och styrsignaler. På nationell nivå har diskussionen kring en tidsdifferentierad elskatt förts. En sådan skulle kunna vara genomförbar vid införandet av den nya elmarknadshubben som ska fungera som ett nav för informationsflöden på den svenska elmarknaden. En tidsdifferentierad elskatt skulle innebära en stor förändring och det kommer krävas mycket utredningsarbete och planering. Samtidigt är utgör detta en möjlighet att på nationell nivå börja arbeta med, och skapa incitament för, ett jämnare energi- och effektanvändande.

Bilaga 1 – Energi- och effektmodell

I detta avsnitt presenteras metoden för den modell som tagits fram för att räkna på det energi- och effektbehov (pusselbit 1) som skulle krävas för att elektrifiera transportsektorn i Göteborg och dess kranskommuner. Modellen utgår från tre olika scenarier för elektrifiering: Business as usual (låg elektrifiering); Business as usual utveckling (dubbel elektrifieringstakt); och, full elektrifiering med ny trafikhierarki. Vidare används data för fordon, laddning, trafikarbete och laddfördelningar. Studerade scenarier och de antaganden som ligger till grund för utförda beräkningar presenteras nedan.

1. Scenarier

För respektive scenario och fordonstyp definieras trafikarbete jämfört med 2017, andel trafikarbete på el av det totala, samt hur stor andel av energibehovet som fylls på med snabb, medel eller långsamladdning. En övergripande beskrivning av de antaganden som gjorts för respektive scenario följer nedan. I alla scenarier förväntas majoriteten av laddningen vara övernattsladdning med lägre effekter. I slutrapporten presenteras endast *Scenario 3: Full elektrifiering med ny trafikhierarki*. I modellen finns det möjlighet att analysera 11 olika fordonstyper.

1.1 Scenario 1: BAU (Låg)

Detta scenario förväntas följa dagens utveckling gällande trafikarbete och laddning.

Tabell 1. Scenario 1: BAU med låg elektrifieringsgrad och snabb, medel respektive långsam laddning i Göteborgs kommun

Fordonstyp	Trafikarbete jmf 2017	Trafikarbete på el av totalt	Snabb	Medel	Långsam
Cyklar	100%	20%			100%
Personbilar - PHEV	130%	20%	0%	30%	70%
Personbilar-BEV	130%	20%	15%	30%	55%
Personbilar - Taxi/co-sharing	130%	20%	15%	30%	55%
Bussar 12 m	110%	30%	24%	20%	56%
Bussar 18 m	110%	30%	24%	20%	56%
Båttrafik	100%	60%	10%		90%
Entreprenadfordon - mindre	100%	5%	20%		80%
Entreprenadfordon -större m. kabel	100%	0%	10%		90%
Lätta lastbilar	110%	10%		15%	85%
Medeltunga lastbilar	110%	2%		15%	85%

1.2 Scenario 2: BAU utveckling – dubbel elektrifieringstakt

Detta scenario förväntas följa samma utveckling som scenario 1 men här förväntas arbetet med att elektrifiera transportsektorn hända med dubbla utvecklingstakten.

Tabell 2. Scenario 2: BAU utveckling med dubbel elektrifieringstakt och snabb, medel respektive långsam laddning i Göteborgs kommun

Fordonstyp	Trafikarbete jmf 2017	Trafikarbete på el av totalt	Snabb	Medel	Långsam
<i>Cyklar</i>	100%	40%			100%
<i>Personbilar - PHEV</i>	130%	40%	0%	30%	70%
<i>Personbilar-BEV</i>	130%	40%	15%	30%	55%
<i>Personbilar - Taxi/co-sharing</i>	130%	40%	15%	30%	55%
<i>Bussar 12 m</i>	110%	60%	24%	20%	56%
<i>Bussar 18 m</i>	110%	60%	24%	20%	56%
<i>Båttrafik</i>	100%	100%	10%		90%
<i>Entreprenadfordon - lätta</i>	100%	10%	20%		80%
<i>Entreprenadfordon - tunga</i>	100%	0%	10%		90%
<i>Lätta lastbilar</i>	110%	20%		15%	85%
<i>Medeltunga lastbilar</i>	110%	4%		15%	85%

1.3 Scenario 3: Full elektrifiering och ny trafikhierarki

Tabell 3. Scenario 3: Full elektrifiering och ny trafikhierarki och snabb, medel respektive långsam laddning i Göteborgs kommun

Fordonstyp	Trafikarbete jmf 2017	Trafikarbete på el av totalt	Snabb	Medel	Långsam
<i>Cyklar</i>	120%	100%			100%
<i>Personbilar - PHEV</i>	65%	100%	0%	35%	65%
<i>Personbilar-BEV</i>	65%	100%	10%	35%	55%
<i>Personbilar - Taxi/co-sharing</i>	300%	100%	30%	30%	40%
<i>Bussar 12 m</i>	115%	100%	20%	20%	60%
<i>Bussar 18 m</i>	115%	100%	20%	20%	60%
<i>Båttrafik</i>	100%	100%	10%		90%
<i>Entreprenadfordon - lätta</i>	100%	100%	20%		80%
<i>Entreprenadfordon - tunga</i>	100%	100%	10%		90%
<i>Lätta lastbilar</i>	200%	100%		15%	85%
<i>Medeltunga lastbilar</i>	100%	100%		15%	85%

2. Fordons- och laddata

I denna del har det totala trafikarbetet (fkm/dygn) för varje fordonsgrupp estimerats med hjälp av information från IVL.

- För att estimeras laddbehovet har det antagits att vid varje laddning fylls **60%** av batterikapaciteten upp.
- Batterikapacitet, energiförbrukning samt laddeffekter har uppskattats tillsammans med involverade parter för de mest relevanta fordonstyperna.

Tabell 4: Fordons- och ladddata som används i modellkörningar

Fordonstyp	Laddkapacitet [kWh] / Energiförbrukning [kWh/km]	Laddeffekter [kW] (Snabb/Medel/Långsam)
PHEV	10/0.15	50/11/3.7
BEV	75/0.15	150/11/3.7
Bussar 12m	300/ 1.2	350/150/75
Bussar 18m	400/1.6	450/200/100
Lätta lastbilar	100/0.3	150/50/50
Medeltunga lastbilar	400/1.5	450/200/100

3. Trafikarbete

Trafikarbetet har uppskattats med hjälp av studien från IVL genom slangmätningar på ett antal farleder och vägar i regionen. Följande antaganden och allokeringar har gjorts.

- Allokering på personbilar: 71 % hybrid och 29% el.
- Trafikarbete tunga fordon: Medeltunga lastbilar= Totalt trafikarbete för tung trafik – busstrafik. Här förväntas medeltunga fordon som använts inom distribution vara 20% av trafikarbetet för medeltunga lastbilar.
- Av totalt trafikarbete för lätta fordon, utgörs cirka 10% av lätta lastbilar och resterande utgörs av personbilar.
- Effektbehovet för **utpendling** har uppskattats av IVL och uppgår till närmare 300MW. Behovet har fördelats över dygnet för *Scenario 3: Full elektrifiering med ny trafikhierarki*.
- Det bör noteras att på grund av bristande data har entreprenadfordon inte inkluderats i beräkningarna. Detta har gjorts genom att sätta trafikarbetet till noll.

4. Laddfördelningar

I det här avsnittet har en laddfördelning skapats för varje fordonsslag och laddtyp, vilket resulterar i totalt tre laddfördelningar per fordonsslag och per scenario. Fördelningarna visar hur behovet för respektive laddtyp sprids ut över dygnet. För samtliga scenarier antas det även att övernattnadsladdning går att styras till att ske jämnt fördelat över hela natten. Det förväntas även att samtliga aktörer inom transportsektorn är medvetna om elnätets begränsningar och utnyttjar därför övernattnadsladdning till hög grad. Detta är även den mest ekonomiskt lönsamma strategin för laddning.

- **Elcyklar** förväntas endast använda långsamladdning där fördelningen är spridd över dagen men med ett större laddbehov på eftermiddagen i samband med hemkomst.
- **PHEV** förväntas enbart använda medel samt långsamladdning där medel sker mestadels i samband med arbetstider och där långsam sker under natten.
- **BEV** förväntas använda medelladdning i samma utsträckning som PHEV i samband med arbete, en låg fördelning gällande snabbaddning men med det största behovet vid arbetsdagsslut. Långsamladdning sker under natten.
- **Taxi/Co-sharing** förväntas använda snabbaddning i en större utsträckning med en fördelning baserat på existerande data från 6 utav 7 snabbaddningsstationer innanför trängselskattazonen. Medelladdning sker främst under dagtid och där långsamladdning sker utspritt över natten.
- **Bussar** förväntas använda snabbaddning mellan 6–20 med en fördelning sinsemellan beroende på trafikintensitet. Medelladdning sker mellan 10–16 då belastningen är som högst. Långsamladdning sker utspritt under natten.

- **Godstrafik** förväntas använda snabbladdning mellan 5–18 med en fördelning som successivt trappas upp under dagen för att sedan avta. Samma fördelning har antagits för medelladdning. Långsamladdning förväntas ske under natten jämnt utspritt.
- **Entreprenadfordon** förväntas följa samma beteende som godstransporter.

Nedan ses ett exempel på hur laddfördelningarna är upplagda för PHEV. Ett fullständigt ark med laddfördelningar för alla fordonstyper och laddtyper finns i SharePoint.

Timme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PHEV	10%	10%	10%	10%	10%	10%	5%	5%	0%	0%	0%	0%
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	10%	10%

Figur 1: Timvis laddfördelning för långsamladdning- PHEV

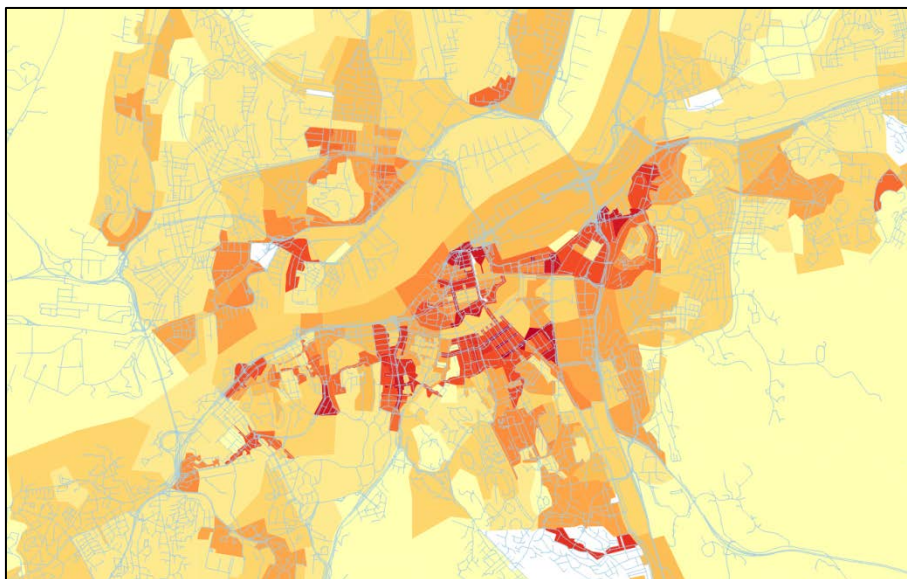
För att få en övergripande bild hur dessa beståndsdelar är sammanlänkade så visas de beräkningar som står i grund för modellen.

4.1 Antal laddningar per dygn

$$N^{\circ} \frac{\text{laddningar}}{\text{dygn}} = \frac{\text{Totalt trafikarbete} \left[\frac{\text{km}}{\text{dag}} \right] * \text{Energiförbrukning} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{km}} \right] * \text{Tillväxt av trafikarbete} [\%] * \text{Elektrifiering} [\%]}{\text{Mängd} \frac{\text{energi}}{\text{laddning}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{laddning}} \right]}$$

4.2 Effektbehovet

$$P = N^{\circ} \frac{\text{laddningar}}{\text{dag}} * \text{Typ av laddning}_{\text{snabb,medel,långsam}} [\%] * \text{Laddfördelningar per timme}_{\text{snabb,medel,långsam}} [\%] * \text{Laddeffekt}_{\text{snabb,medel,långsam}} [\text{kW}]$$



Nr 5976
Juni 2018

Kartläggning av energi- och effektbehov för vägtrafiken i Göteborg - pusselbitar inom projektet PussEL

På uppdrag av **Göteborg Energi**

Tomas Wisell

Författare: Tomas Wisell

På uppdrag av: Göteborg Energi AB

Fotograf: Tomas Wisell

Rapportnummer U5976

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2018

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
Inledning	6
Syfte och omfattning	6
Metod.....	6
Trafikstatistik Göteborg	8
Trängselskattens data	8
Genomfartstrafik igenom Göteborg	10
Vägtrafikens energi- och effektbehov	13
Omgivande kommuners energibehov	13
Uppskattad pendling med bil inom Göteborg	16
Uppskattad utpendling från Göteborg.....	16
Geografisk spridning av registrerade fordon	17
Geografisk och temporal spridning av vägtrafikaktivitet.....	19
Rekommendation	23
Referenser.....	24

Sammanfattning

Inom projektet PussEL (Pusselbitar för att elektrifiera transportsystemet i Göteborg till 2030) samarbetar Göteborg Energi med AB Volvo, Volvo Cars, Sweco, ABB och Vattenfall. Projektet samlar in information om vägtrafiken som kan ligga till grund för planering av elektrifiering av vägnätet i Göteborgsområdet. IVL har på uppdrag av Göteborg Energi genomfört en utredning där energi- och effektbehov av en elektrifiering analyseras. Dataunderlaget avser år 2017, och beräkningarna representerar en tänkt situation där 100 % av de lätta vägfordonen skulle vara eldrivna istället för drivna av andra bränslen.

Utredningen fokuserar på underlagsdata för trafikflöden, destinationer och startområden, samt registreringsområden (postnummerytor i Göteborg) för lätta fordon. Dataunderlag ger förståelse för trafikrörelser, startområden och destinationer för lätta vägfordon i Göteborg och omgivande kommuner. Relativt säkra uppskattningar av genomfartstrafiken genom Göteborgs trängselskattazon och energi/ effektbehovet inom Göteborgs kommun och omgivande kommuner för laddning av fordonen har kunnat göras. Antalet internpendlare inom Göteborg samt utpendlare från Göteborg har också uppskattats och jämförelse med andra utredningar har gjorts.

Baserat på dessa beräkningar har energibehovet för elladdning (MWh) för vägtrafiken för en dag uppskattats inom trängselskattens område, i Göteborgs kommun och inom alla de omgivande 21 kommunerna tillsammans. Beräkningarna uttrycks som energibehovet totalt och tar inte ställning till hur det fördelar sig över dygnet (effektbehovet). Denna framtida fördelning av effektbehovet kommer bero på många olika faktorer, såsom vilken typ av laddning som kommer att dominera (normalladdning, semisnabb laddning, snabbaddning), vilka typer av fordon som kommer att dominera samt de laddningsvanor som kommer att uppstå med avseende på typ av plats, som också är en följd av de tidigare nämnda faktorerna.

Resultatet som redovisas nedan bygger på två olika metoder att uppskatta energi- och effektbehovet:

1. Den ena utgår ifrån beräkningar som bygger på data från trängselskattens betalstationer (kameror), bedömningar av trafikmönster och vissa jämförelser med andra studier. Laddning för att täcka nattrafiken är exkluderat, och metoden har svårt att fånga upp Göteborgs kommuns ytterområden (betalstationerna är belägna centralt).
2. Den andra bygger på det totala trafikarbetet inom Göteborgs kommun (trafikrörelsedata). För att uppskatta laddbehovet inom Göteborg/zonen utifrån denna data måste utpendlarnas körning utanför Göteborg läggas till och inpendlarnas körning inom Göteborg/zonen samt genomfartstrafiken dras av (om det antas att de inte laddar inom Göteborg). Tabellen nedan (nedre tabellen) visar det totala trafikarbetet.

I den övre tabellen nedan visas uppskattat energibehov för att ladda den lätta vägtrafiken i Göteborg och omgivande kommuner. Beräkningarna utgår ifrån att fordonen laddas i sin registerkommun för att försörja resan till destinationen, och på sin destination för att försörja hemresan. Dessa värden kan jämföras med de i den nedre tabellen nedan, som visar det totala trafikarbetet i Göteborg. Observera att alla värden är mycket ungefärliga.

Energibehov för laddning i Göteborg, trängselskattens zon och de omgivande kommunerna.

Energibehov laddning (MWh)	Kl 6-9	Kl 6-11	Hela dagen
Trängselskattens zon	40	65	170
Göteborgs kommun	260	490	980
Omgivande 21 kommuner	145	-	500

Trafikarbete i Göteborg och trängselskattens zon per dag.

Trafikarbete (MWh)	Kl 6-9	Kl 6-11	Hela dagen
Trängselskattens zon	55	92	295
Göteborgs kommun	275	460	1 470

Den geografiska spridningen av **fordonsregistreringar** och **fordonsrörelser** har också beräknats och illustrerats på kartor. Informationen kan vara användbar för förståelsen av elektrifieringen av vägtrafiken i Göteborg.

Underlaget som har tagits fram i detta projekt kan användas på flera sätt i ett fortsatt arbete med att stödja elektrifiering av vägtrafiken. Data om hur många bilar som är registrerade per postnummerområde ger exempelvis en ungefärlig bild av var behoven av laddning sannolikt kommer att öka snabbast när allt fler fordonsägare får möjlighet att välja en laddbar bil. Där kommer behov av kunskap och nya tjänster öka hos både privatpersoners som kan behöva investera i laddningsutrustning och fastighetsägare som behöver nya laddtjänster för flerbostadshus.

Data om trafikflöden längs leder och i olika stadsdelar visar var behovet av snabbladdning och normalladdning sannolikt kommer öka snabbast. Det kan också ge underlag för att bedöma var försök eller analyser av framtida laddtekniker genom induktionsladdning kan vara intressanta att genomföra (oklart i dagsläget i vilken omfattning den tekniken kommer att användas). Ytterligare underlag som kan komma att behövas för fortsatta analyser kan vara information om parkeringsytor, ägandeformer och aktörers möjligheter att tillgodose det kommande behovet av bättre laddmöjligheter. Det kan också handla om frågor kring markåtkomst, betalningsmodeller samt trolig och önskvärd stadsutveckling med avseende på biltrafik. Sådant bör analyseras tillsammans med det underlag som tagits fram i denna utredning.

Inledning

Inom projektet PussEL (*Pusselbitar för att elektrifiera transportsystemet i Göteborg till 2030*) samarbetar Göteborg Energi med AB Volvo, Volvo Cars, Sweco, ABB och Vattenfall. Projektet samlar in information om vägtrafiken som kan ligga till grund för planering av elektrifiering av vägnätet i Göteborgsområdet. Detta uppdrag innefattar inte alla relevanta aspekter av denna stora frågeställning, utan fokuserar på att ta fram underlagsdata för trafikflöden, destinationer och startområden, samt registreringsområden för lätta fordon (postnummerytor i Göteborg och kommuner).

Syfte och omfattning

IVL har på uppdrag av Göteborg Energi och samarbetsprojektet PussEL genomfört kartläggningar och analyser av olika vägtrafikparametrar i Göteborg och i viss utsträckning analyser i förhållande till omgivande kommuner.

Uppdraget syftar till att få en överblick av vägfordonens körmönster som start och destination, aktivitetens karaktär och variationer över tid och rum för att öka förståelsen kring framtida energi- och effektbehov vid någon form av elektrifiering vägtrafiken.

Uppdraget har genomförts i samråd med beställaren och har också haft följande konkreta innehåll (enbart lätta fordon);

- beskriva storleken av genomfartstrafiken i Göteborg för den trafik som kommer från andra kommuner
- beskriva energibehovet hos fordonen i de omgivande kommunerna som motsvarar bilresorna till Göteborg
- beskriva den interna pendlingen i Göteborg
- beskriva fordonens start- och målområden i Göteborg (genom analys av trafikflöden och fordonsregistreringar)
- beskriva den geografiska spridningen och antalet registrerade fordon i Göteborg

Uppgifter om parkeringar, har inte ingått i detta uppdrag.

Metod

Flera omfattande dataset har samlats in som underlag till analyserna. Dessa är framförallt följande:

- **Vägnät i Göteborg, Mölndal och Partille kommuner.** GIS-fil innehållande ett komplett vägnät med ursprung i NVDB¹. Information består av trafikflöden per väglänk per dygn,

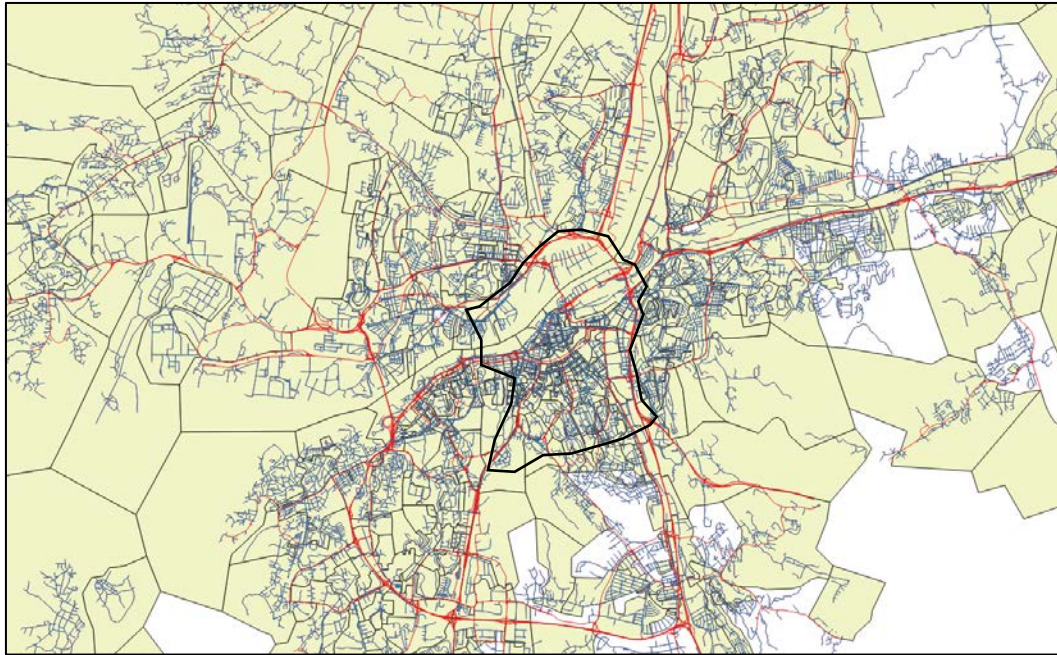
¹ NVDB = Nationella vägdatabasen.

andelen tunga fordon, vägtypen, hastighetsbegränsning etc. Trafikflödesinformationen kommer från Trafikkontoret (TK) och övrig information har kompletterats av Miljöförvaltningen i Göteborg (MF).

- **Passager av alla fordon från Trängselskattens betalstationer i Göteborg år 2017.** Datan representerar antalet passager per timme under betaltid (vardagar 06:00-18:30, 11 månader), för varje kamera (35 st) uppdelat på fordonstyp (tungt, lätt lastbil, personbil), riktning (In/Ut), betalskyldighet (skatt/ ej skatt), fysisk/juridisk person, samt i vilken kommun som fordonet är registrerat i (22 särskilda + övriga). Detta innebär ett dataset med ca 2,76 miljoner heltal där varje värde motsvarar antalet passager med den unika kombinationen av ovanstående parametrar.
- **Vägnät över Göteborg med "maxtimmen".** GIS-fil med sporadiska väglänkar utlagda geografiskt med värden den timme som hade det högsta trafikflödet under mätperioden. Mätningen omfattar oftast bara en eller ett fåtal dygn, men anses representativ.
- **Fordonsregistreringar per postnummer i Göteborg.** Register från SCB med antalet personbilar och lätta lastbilar i trafik och avställda, uppdelat per postnummer (ca 600 områden).
- **Trafikvariationsschabloner.** Faktorer som beskriver trafikvariationen på vägar i Sverige över dygnet, veckan och året. Faktorerna är framtagna av Trafikverket och har applicerats på trafikflödesdatan från TK/MF. [6]
- **Kartfiler.** Kartfiler (GIS) för postnummerytor har köpts in från Postnummerservice. För kommuner har IVL Svenska Miljöinstitutets egna kartor använts.

Alla dataset har behandlats i Excel- och GIS- miljö för att möjliggöra önskvärda analyser inom uppdraget. Relevanta mått och geografisk spridning har sedan beräknats och delvis illustrerats i kartor i denna rapport.

Utredningen fokuserar på lätta fordon då det anses att det är dessa som i första hand kommer att vara föremål för elladdning, och där det också finns relativt säkert dataunderlag. Tunga fordon är i allmänhet inte registrerade där de parkerar, och den geografiska spridningen av andelen tunga fordon i trafikflödet och annan data är osäker (med undantag av betalstationernas data som är mycket säker). I kartan nedan (figur 1) visas centrala Göteborg med vägnät. Trängselskattezonens ungefärliga utsträckning är markerad med svart ram.



Figur 1. Centrala Göteborg med vägnät och större leder och motorvägar (röda). Trängselskattens zon är markerad med svart inramning.

Trafikstatistik Göteborg

Trängselskattens data

Datan från trängselskattens betalstationer utgörs av passager i båda riktningarna för helåret 2017 under den tid som skatten gäller. Alla fordon är registrerade och alla betalstationer finns med som separerade data.

I tabellen nedan visas andelar av olika fordonsslag, deras ägare och skatteskyldighet. Ej skattepliktiga fordon utgör < 1 % av passagererna och är därmed en försumbar parameter. Ägandet fördelar sig som ca 56 % privatägda fordon och ca 44 % ägs av företag.

Det totala antalet passager under en vardag i Göteborg uppgår till ca 550 000, och under ett helår till ca 125 miljoner. Därefter tillkommer trafiken utanför skattebelagd tid på vardagar, helger och juli månad. I tabell 1 nedan visas hur fordonspassagererna fördelar sig generellt mellan fordonsslag, ägare och skatteskyldighet.

Tabell 1. Statistik om fordonspassager 2017, trängselskatten, alla stationer.

Fordonstyp	Ägare	Skatteskyldighet	Andel (%)
Personbil (lätt)	Fysisk	Ej Skatt	0.7
Personbil (lätt)	Fysisk	Skatt	53.1
Lätt Lastbil (LCV)	Fysisk	Ej Skatt	<0.0
Lätt Lastbil (LCV)	Fysisk	Skatt	2.0

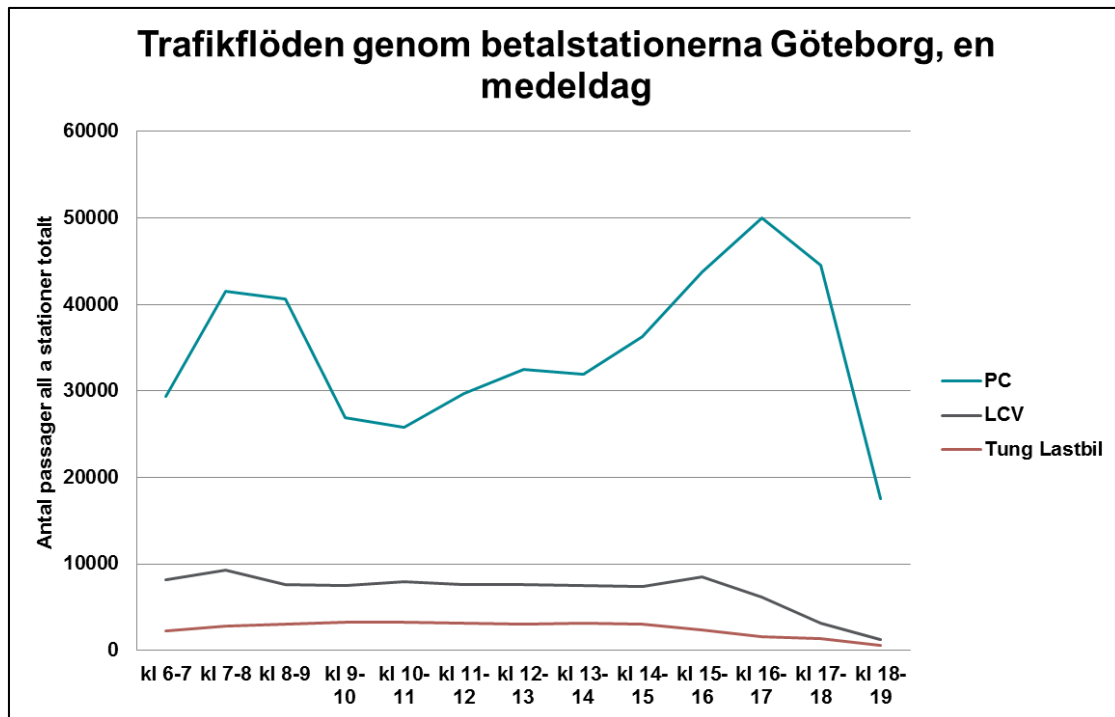
Tung Lastbil	Fysisk	Ej Skatt	<0.0
Tung Lastbil	Fysisk	Skatt	0.3
Personbil (lätt)	Juridisk	Ej Skatt	0.2
Personbil (lätt)	Juridisk	Skatt	24.6
Lätt Lastbil (LCV)	Juridisk	Ej Skatt	<0.0
Lätt Lastbil (LCV)	Juridisk	Skatt	13.7
Tung Lastbil	Juridisk	Ej Skatt	<0.0
Tung Lastbil	Juridisk	Skatt	5.4
Totalt:			100

De passerande fordonens ursprung ifråga om registreringskommun visas i tabell 2 nedan, enbart lätta fordon, alla betalstationer sammanslagna.

Tabell 2. Andelar av lätta fordon uppdelat på registerkommun, samt inbördes fördelning i varje registerkommun mellan fordonsslag och ägare. Kategorin övriga innefattar alla fordon som inte är registrerade inom de 22 kommunerna och omfattar därmed i praktiken resten av världen.

	Andel per kommun (%)	Andelar mellan fordonsslag (%)			
		Fysisk		Juridisk	
		PC	LCV	PC	LCV
Göteborg	48.6	64	2	20	14
Övriga	22.0	20	1	62	17
Mölndal	5.0	71	2	14	13
Kungsbacka	3.5	74	3	10	12
Partille	3.4	79	2	9	10
Lerum	2.8	80	3	6	11
Härryda	2.5	78	3	7	11
Kungälv	2.4	70	4	10	16
Ale	1.7	78	5	7	11
Alingsås	1.0	73	4	14	10
Borås	1.0	58	3	22	17
Stenungsund	1.0	70	4	10	16
Öckerö	0.8	84	3	6	7
Mark	0.6	68	8	11	13
Varberg	0.6	53	4	17	26
Tjörn	0.6	71	3	9	17
Uddevalla	0.5	65	3	16	15
Trollhättan	0.5	58	3	27	13
Lilla Edet	0.5	63	6	7	24
Orust	0.3	75	6	8	11
Bollebygd	0.3	77	7	6	9
Värgårda	0.2	71	9	10	10
Svenljunga	0.1	74	5	11	10

Trafikflödet och de olika fordonsslagen genom betalstationerna varierar över dygnet. Detta illustreras i figuren nedan för personbilar (PC), lätta lastbilar (LCV) och tunga lastbilar. Alla betalstationer sammanslagna.



Figur 2. Dygnsvariation av trafikflöden genom Göteborgs betalstationer, uppdelat på personbilar (PC), lätta lastbilar (LCV) och tunga lastbilar. Värdena speglar en medelvardag sett över året, alla stationer.

Genomfartstrafik igenom Göteborg

Genomfartstrafiken har uppskattats, och definieras som de passager in i zonen som inte har sin destination inne i zonen, alternativt ut ur zonen som inte har sin startpunkt där. Med utgångspunkten att de allra flesta av dessa är samma fordon som åker fram och tillbaka samma dag, så borde morgontrafiken och eftermiddagstrafiken som motsvarar tiderna till/hem från jobbet eller annan dagsyssla, vara mycket lika. Båda har uppskattats och jämförts och visas i tabell 3, där intervallet speglar skillnaden.

För att kunna göra generella tolkningar av datan ifråga om uppskattning av genomfartstrafiken, har fordonens registerkommuner delats in i fem grupper; Göteborg/Öckerö; Norrliggande kommuner, Östliggande kommuner, Söderliggande kommuner och Övriga kommuner. Uppskattningen om hur stor andel och antal av passagera som utgörs av genomfarter har beräknats för de tre grupperna närliggande kommuner. Beräkningen utgår ifrån att passagera in i zonen med fordon registrerade i kommuner som ligger där fordonet kommer ifrån, jämförs med de som åker ut ur zonen samma timme och bort ifrån samma kommuner. Differensen antas vara fordon som stannar kvar i zonen (under förmiddagen) eller avgår inifrån zonen (eftermiddagen) och utgörs således inte av genomfartstrafik (men resten antas vara det).

Övriga kommuner är inte analyserade då de bedöms som svårtolkade, det kan emellertid konstateras att flödet in och ut är mycket lika hela dagen vilket kan tolkas som att det är övervägande genomfartstrafik (från kommuner utanför de 22 som analyseras i denna utredning).

Beräkningen har enbart utgått ifrån tre betalstationer; 1) Ringömotet (motsvarar inflöde från norrliggande kommuner); 2) E20 Alingsåsleden (motsvarar Östliggande kommuner); 3) E6/E20 Kungsbackaleden (motsvarar Söderliggande kommuner). De tre betalstationerna (av totalt 35) står för ca 50 % av alla passager i Göteborg totalt, och ca 70 % av alla passager med fordon registrerade utanför Göteborg. Passager genom övriga betalstationer utgörs till 70 % av Göteborgsregistrerade fordon. Älvsborgsbron tas inte med i dessa beräkningar då den bedöms som för svårtolkad för denna analys, men bedöms inte heller vara någon stor genomfartsled.

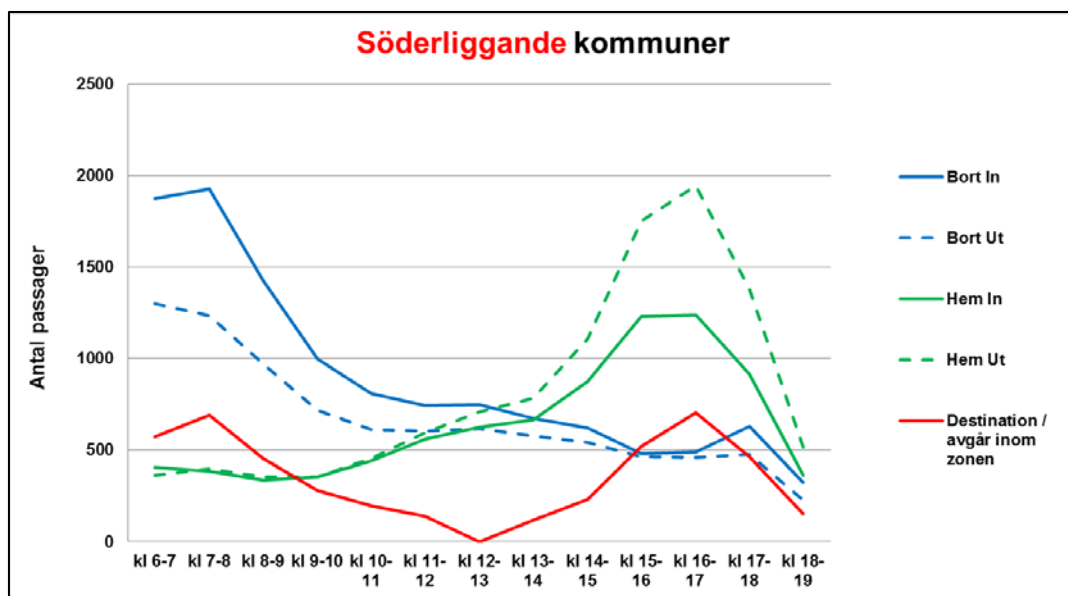
Beräkningen vilar på ett mycket säkert dataunderlag, däremot är slutsatserna delvis osäkra eftersom det inte finns någon identitet på fordonen i underlaget och samma fordon kan åka igenom passagerna flera gånger åt båda håll (som en del av sitt arbete t.ex.) under de aktuella perioderna. Dessutom spänner dataunderlaget inte över hela dygnet vilket gör att t.ex. passager innan kl. 06 på morgonen inte finns med. Emellertid blir utfallet ganska tydligt vid bedömning av flödeskurvorna, se figurerna 3-5, möjligtvis med undantag av de Norrliggande kommunerna vars kurvor har ett något annat utseende. Samtidigt stämmer jämförelsen mellan för- och eftermiddagen mycket väl för Norrliggande kommuner också där båda värdena ligger mellan 1100-1200.

Antalet genomfartspassager och deras andel av pendlare från samma kommuner visas i tabell 3 nedan och beräknats med ovanstående metod.

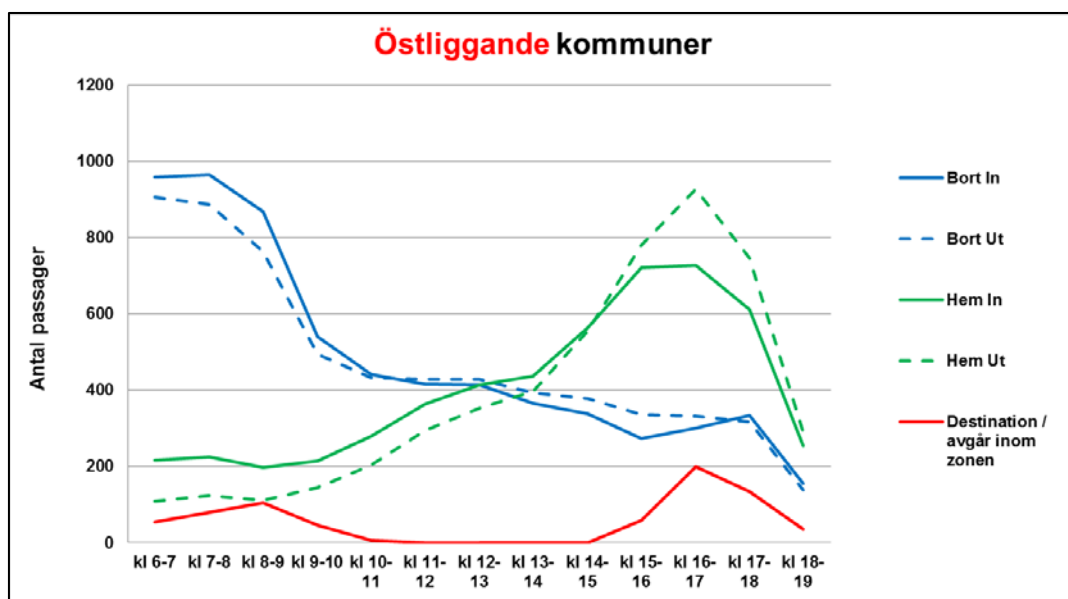
Tabell 3. Genomfartstrafiken genom trängselskattens zon i Göteborg under en typisk förmiddag eller eftermiddag (inte hela dagen).

Registerområde	Antal fordon genomfartstrafik	Andel genomfartstrafik (%)	Antal km inom zonen för genomfartstrafiken	Antal som stannar inom zonen
Söderliggande kommuner	5 500	70	4	2 270
Östliggande kommuner	3 300- 3 900	88- 90	2	360
Norrliggande kommuner	2 300- 2 600	67-70	3,5	1 130
Totalt:	11 100 – 12 000			3 760

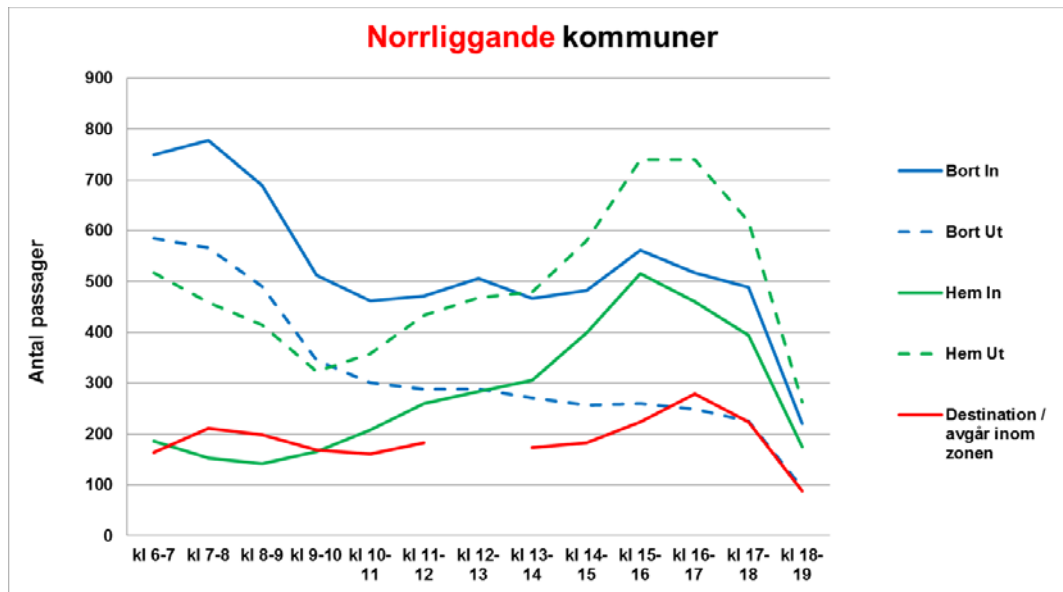
I diagrammet nedan (figur 3) för fordonstrafik genom Göteborg för de tre kommungrupperna. Diagrammen ska förstås genom att differensen mellan de blå kurvorna på förmiddagen speglar de som stannar inne i zonen under dagen, och differensen mellan de gröna kurvorna på eftermiddagen som på motsvarande sätt speglar de som kommer inifrån zonen när de åker ut. Bort/Hem avser riktningen i förhållande till sin hemkommun och In/Ut avser passagen för zonen.



Figur 3. Flöden av fordon registrerade i kommuner som ligger Söder om Göteborg. In och Ut syftar på trängselskattazonen.



Figur 4. Flöden av fordon registrerade i kommuner som ligger Öst om Göteborg. In och Ut syftar på trängselskattazonen.



Figur 5. Flöden av fordon registrerade i kommuner som ligger Norr om Göteborg. In och Ut syftar på trängselskattzonen.

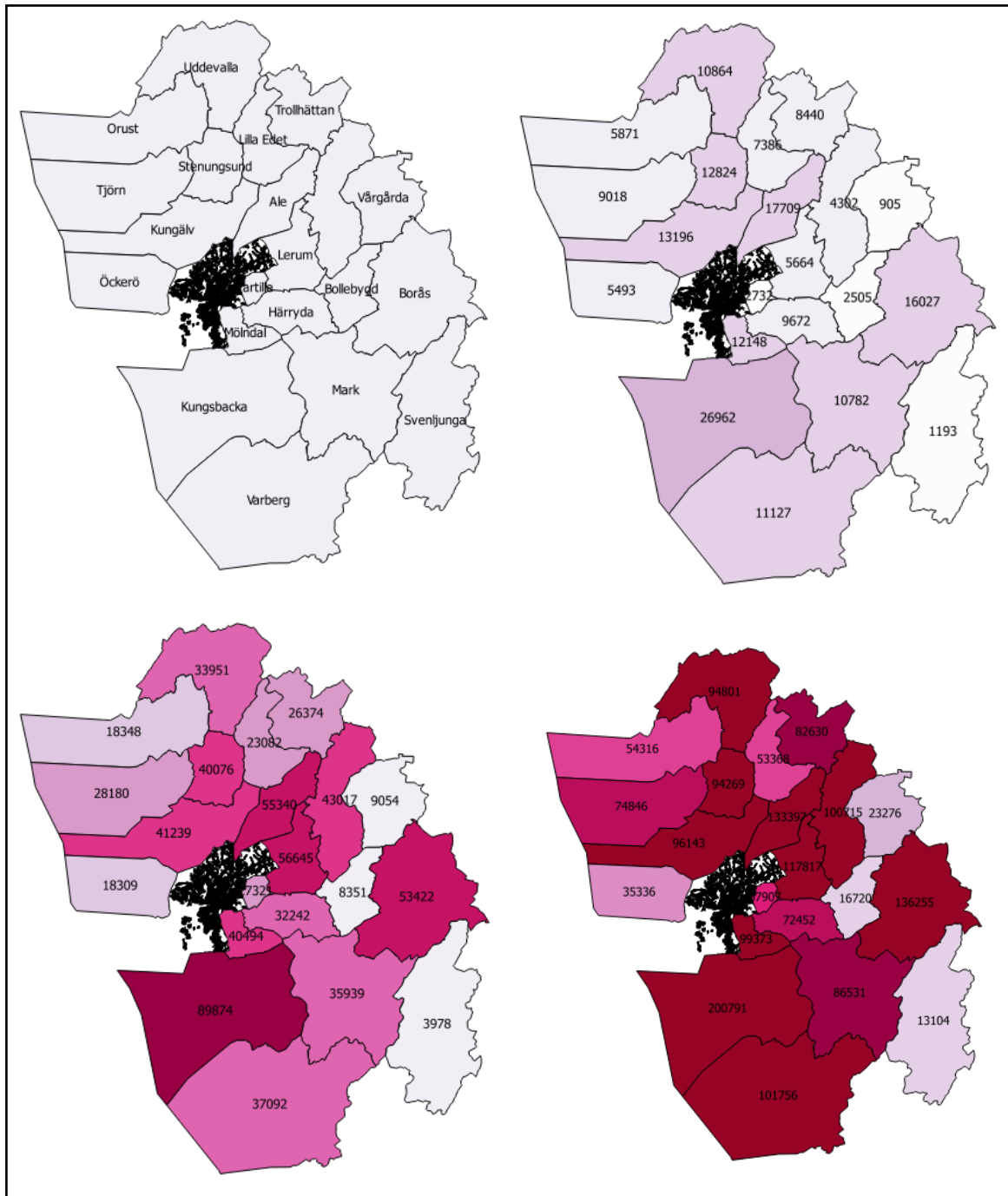
Vägtrafikens energi- och effektbehov

Omgivande kommuners energibehov

Körsträckor i omgivande kommuner som motsvarar trafikflödet till Göteborg kan uppskattas genom att multiplicera fordonsflödet från varje kommun in till Göteborg med respektive avstånd, uttrycks då som fordonskilometrar (fkm). Denna totala körsträcka kan omräknas till ett uppskattat elenergibehov och uttryckas som t.ex. MWh. Med antagandet att energibehovet speglar den el som behövs under natten för att täcka laddningen för fordonen till Göteborg, kan behovet beräknas på olika sätt. Den kan beräknas som den totala energiåtgången för hela dagens trafik, eller enbart det som krävs för att täcka morgonrusningen kl. 6-9. För att spegla den del av energibehovet som endast har destination inom zonen, bör genomfartstrafiken räknas bort.

I figuren nedan visas fyra kartor med Göteborg och de omgivande kommunerna. Göteborg saknar yta men visas med sitt vägnät i svart mitt i varje bild. I den övre vänstra kartan visas kommunnamnet, den övre högra körsträckan (energibehovet i fkm) för att täcka inresandet **kl. 6-9 till trängselskattzonen**, i den nedre vänstra visas körsträckan för att täcka inresandet **kl. 6-9 till hela Göteborg och närliggande områden** (alla inpassager), i det nedre högra visas körsträckan för att täcka inresandet **hela dagen till hela Göteborg och närliggande områden**.

Värdena grundar sig på både personbilar och LCV och både fysiska och juridiska ägare är inkluderade. **Alla värdena avser enbart trafiken från kommunerna in till Göteborg- inte vägen tillbaka.** Beroende på hur stor andel som vill ladda för hela resan hemma eller inne i Göteborg, kan dessa värden hanteras på olika sätt.



Figur 6. Kartor över Göteborg och omgivande kommuner. Värdet i varje kommun avser körsträckan/energibehovet uttryckt som fordonskilometrar (fkm). Göteborgs kommun med vägnät syns i mitten av bilderna. Övre vänstra: kommunnamn, Övre högra: energibehov (fkm) för att täcka inresandet kl. 6-9 till trängselskattzonen, Nedre vänstra: energibehov (fkm) för att täcka inresandet kl. 6-9 till hela Göteborg och närliggande områden; Nedre högra: energibehov (fkm) för att täcka inresandet hela dagen till hela Göteborg och närliggande områden. Datan grundar sig på både personbilar och lätta lastbilar och både fysiska och juridiska personer är inkluderade. Värdena avser enväga resor.

Energibehovet kan räknas om till ett mer konventionellt energimått, t.ex. Wh. Webportalen *Recharge* [1] har använt den tyska webportalen *Spritmonitor* [2] för att utröna elförbrukningen för

olika elbilsmodeller. Spritmonitor samlar data om hur mycket olika bilfabrikat och modeller av elbilar drar i verkligheten. Elförbrukningen beror naturligtvis på flera faktorer som körmiljö, körstil, däck, vägbana, last etc. Förbrukningen som Recharge presenterar ligger i spannet 135-210 wh/fkm. Andra källor visar förbrukning uppemot 280 Wh/fkm (Teknikens värld, 2015) [3]. Värdena avser rena elbilar och inte laddhybrider. Med ett antagande på en medelförbrukning av 200 Wh/fkm så kan elenergibehovet beräknas i Göteborgs omgivande kommuner per natt/ dygn, se tabell 5 nedan. LCV är invägda med 15 % högre elförbrukning än PC, detta är baserat på beräkningar utifrån bränsleförbrukning från HBEFA-modellen.²

Tabell 4. Antal fordonskilometerar och energimängd (MWh) som krävs för inpendling med lätta fordon från Göteborgs omgivande kommuner.

	Antal fkm till zonen kl. 6-9	Antal fkm till Göteborgs-området kl. 6-9	Antal fkm till Göteborgs-området hela dagen	Energi-behov till zonen kl. 6-9 (MWh)	Energi-behov till Göteborgs-området kl. 6-9 (MWh)	Energi-behov till Göteborgs-området hela dagen (MWh)
Kungsbacka	26 962	89 874	200 791	5.4	18.0	40.2
Lerum	5 664	56 645	117 817	1.1	11.3	23.6
Ale	17 709	55 340	133 397	3.5	11.1	26.7
Borås	16 027	53 422	136 255	3.2	10.7	27.3
Alingsås	4 302	43 017	100 715	0.9	8.6	20.1
Kungälv	13 196	41 239	96 143	2.6	8.2	19.2
Mölnadal	12 148	40 494	99 373	2.4	8.1	19.9
Stenungsund	12 824	40 076	94 269	2.6	8.0	18.9
Varberg	11 127	37 092	101 756	2.2	7.4	20.4
Mark	10 782	35 939	86 531	2.2	7.2	17.3
Uddevalla	10 864	33 951	94 801	2.2	6.8	19.0
Härryda	9 672	32 242	72 452	1.9	6.4	14.5
Tjörn	9 018	28 180	74 846	1.8	5.6	15.0
Partille	2 732	27 321	67 907	0.5	5.5	13.6
Trollhättan	8 440	26 374	82 630	1.7	5.3	16.5
Lilla Edet	7 386	23 082	53 368	1.5	4.6	10.7
Orust	5 871	18 348	54 316	1.2	3.7	10.9
Öckerö	5 493	18 309	35 336	1.1	3.7	7.1
Värgårda	905	9 054	23 276	0.2	1.8	4.7
Bollebygd	2 505	8 351	16 720	0.5	1.7	3.3
Svenljunga	1 193	3 978	13 104	0.2	0.8	2.6
Totalt:	0,19 Mfkm	0,72 Mfkm	1,8 Mfkm	Ca 40 MWh	Ca 145 MWh	Ca 350 MWh

² www.hbefa.net

Uppskattad pendling med bil inom Göteborg

Den interna pendlingen inom Göteborg är svår att uppskatta då det saknas specifik geografisk koppling om de passerande fordonen i betalstationerna (förutom kommun). Dessa uppgifter är möjliga att få fram men var inte åtkomliga från Transportstyrelsen. Istället har andra analyser gjorts som indikerar pendlingens storlek och mönster.

Uppskattningen av den interna bilpendlingen i Göteborg grundat på betalstationernas data utgår endast ifrån Göteborgsregistrerade fordon. **Passagera in och ut ur zonen under morgonen/förmiddagen** för olika betalstationer analyseras. Beräkningen utgår ifrån följande antaganden:

1. Alla **inpassager** till zonen antas först som internpendling (en stor del lämnar zonen därefter, se punkt 2-3)
2. **Alla utpassager** vid **E6/E20 Kungsbackaleden** lämnar Göteborgs kommun
3. **70 % av utpassager** vid **E20 Alingsåsleden och Ringömotet** lämnar Göteborgs kommun (30 % antas ha destination inom Göteborg och bidrar alltså till internpendlingen)
4. **80 % av övriga utpassager** (ej punkt 2-3) har en destination inom Göteborg, och bidrar alltså till internpendlingen.
5. Av de som passerar Älvsborgsbron antas **90 % av de som åker norrut** ha destination inom Göteborg och **70 % av de som åker söderut**.

Ovanstående bedömningar är baserade på betalstationernas geografiska lägen, vägtypen och vägnätets karaktär i förhållande till kommungränsen. Med ovanstående beräkningsantagen och den befintliga indatan från betalstationernas får man antalet internpendlare med bil under morgontimmarna till ca **66 000**. Till detta antal tillkommer bilpendlare som inte ger sig till känna i datan då den sker helt inom (eller utom) zonen.

Enligt en utredning av Trivector 2011 [4] som har undersökt arbetspendlingen i Sveriges storstadsområden så har "Göteborgsområdet" 916 000 invånare och 404 000 pendlare. Andelen bilpendlare år 2013 ligger på ca 40 % enligt Göteborgs Trafikkontor [5]. Om "Göteborgsområdet" skalas ner till Göteborgs kommun baserat på antal invånare, och antalet bilpendlare angivet i utredningen divideras med antalet pendlare per fordon (1,2) får man antalet bilpendlande fordon inom Göteborg till ca 83 000. Denna siffra är förmodligen något överskattad eftersom andelen sjunker med tiden och Trivectors utredning är några år gammal.

Utifrån ovanstående uppgifter och beräkningar i denna utredning, Trivectors utredning och Trafikkontorets uppgifter, uppskattas antalet bilpendlande fordon inom Göteborg till ca **75 000-80 000** per dag. Den genomsnittliga pendlingssträckan med bil i Göteborg är 15 km enligt Göteborgs Trafikkontor [5]. Detta ger en total körsträcka på **1,1- 1,2 Mfkm**, och motsvarar ett energibehov på **225-240 MWh** enligt samma beräkningsmetod som i förra avsnittet, varav ca 15 % sker helt utan att beröra zonen.

Uppskattad utpendling från Göteborg

Antalet Göteborgsregistrerade fordon som lämnar Göteborg antas vara utpendlare, de uppskattades i förra avsnittet i punkterna 2-5. Med motsvarande beräkning som gjordes där fast av

de som lämnar Göteborg istället för de som internpendlar, fås värdena 14 000 (kl. 6-9) respektive 22 000 fordon (kl. 6-11). Det är alltså Göteborgare som jobbar i andra kommuner. Hur långt de reser generellt sett är svårt att veta och det är svårt att hitta en källa med beräkningar för just denna siffra.

Genom att betrakta avståndet till Göteborgs omgivande kommuner och var arbetstillfällen finns samt övrig geografi kan det genomsnittliga avståndet uppskattas till ca 27 km för de som pendlar österut, 30 för de som pendlar söderut och 45 km för de som pendlar norrut. Detta skulle i så fall ge en total körsträcka på **0,5 Mfkm (kl 6-9)** respektive **0,75 Mfkm (kl 6-11)**, och motsvarar ett energibehov på ca **100 MWh** respektive **150 MWh** enligt samma beräkningsmetod som i förra avsnittet. Hur stor del av dessa som startar inom zonen är svårt att bedöma, men genom att beräkna antalet utpassager från andra stationer än genomfarterna och under antagande att alla dessa starter inom zonen, fås värdena 30 MWh (kl. 6-9) och 50 MWh (kl. 6-11). Eftersom en viss del av de som åker ut genom genomfarterna också startar inom zonen, så ska dessa värden betraktas som ett minimum.

Geografisk spridning av registrerade fordon

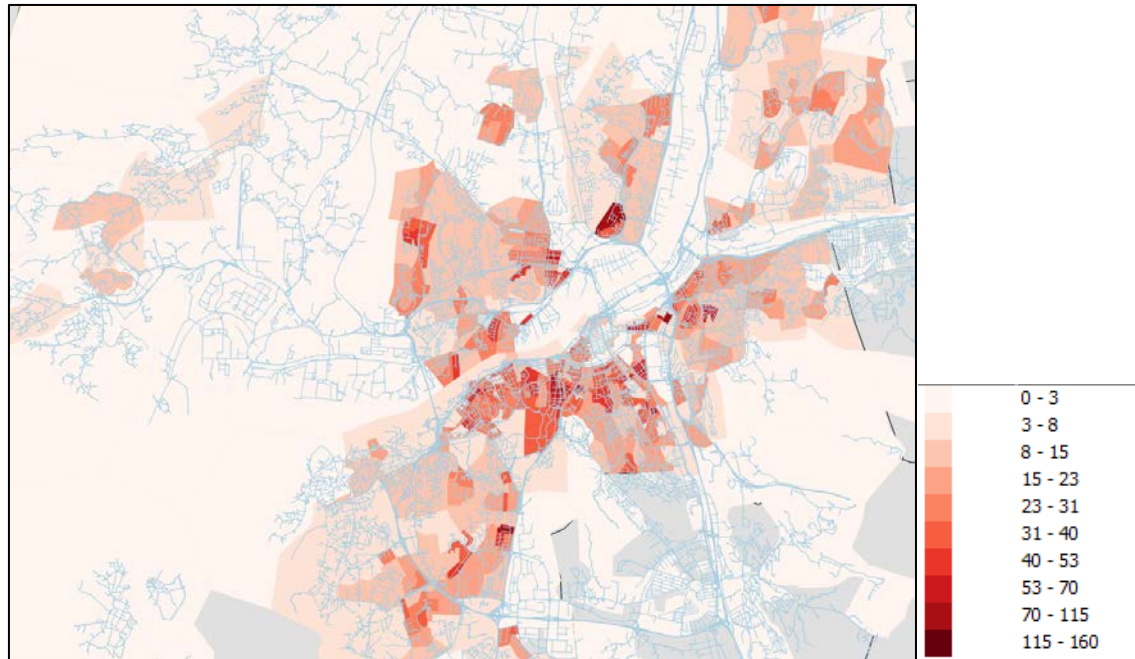
För att lokalisera de lätta fordonens energi- och effektbehov geografiskt kan flera olika dataunderlag användas. Ett är var fordonen är registrerade. Den geografiskt mest högupplösta informationen som är tillgänglig är postnummerytor. Data om antalet registrerade fordon per postnummer i Göteborg har inhämtats från SCB och är uppdelade på personbilar (PC), lätta lastbilar (LCV) samt i trafik eller avställda. De avställda fordonen är intressanta att ha med enligt SCB³ trots syftet med denna utredning, eftersom många fordon ställs av och på säsongsmässigt under året. I tabell 6 nedan visas statistik om antal fordonsregistreringar.

Tabell 5. Antal registrerade lätta fordon i Göteborgs kommun inom och utom trängselskattazonen, uppdelat på personbilar och lätta lastbilar.

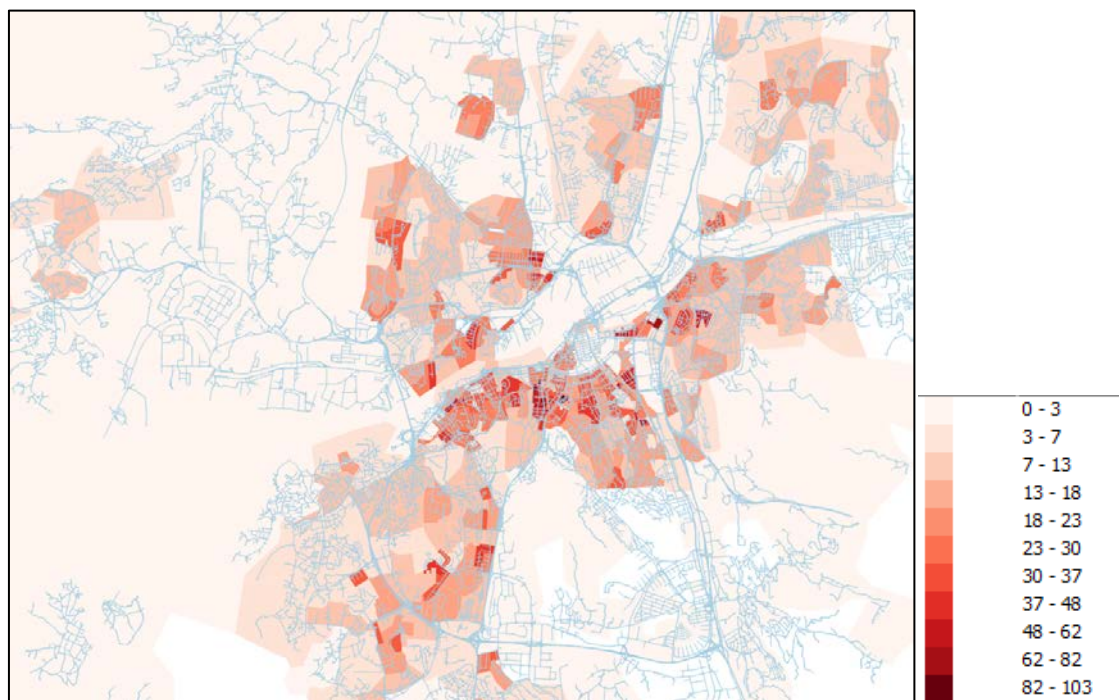
	Antal registrerade fordon inom Göteborg				
	Inom zonen	Utom zonen	Alla	% inom zonen	Andel LCV
PC	17 884	128 385	146 269	14	3.5%
PC avställda	3 823	24 984	28 807	15	
LCV	104	876	980	12	
LCV avställda	649	4703	5352	14	
Totalt	22 460	158 948	181 408	14	

I kartorna nedan (figur 8-10) visas fordonsregistreringarna uttryckt som antal per hektar personbilar.

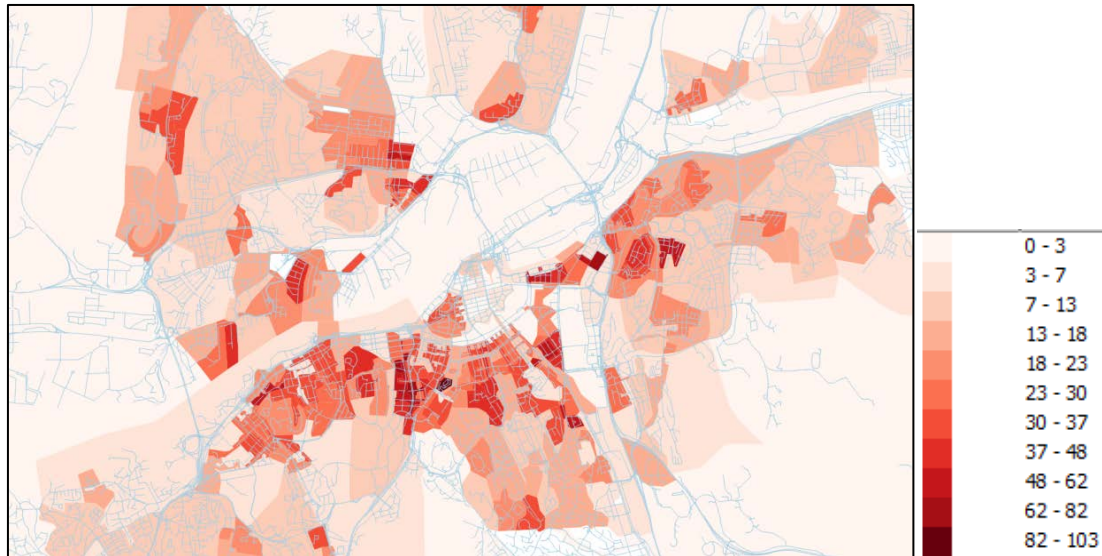
³ Per Arvidsson, SCB.



Figur 7. Antalet registrerade personbilar i trafik + avställda per hektar för varje postnummeryta.



Figur 8. Antalet registrerade personbilar i trafik per hektar för varje postnummeryta.



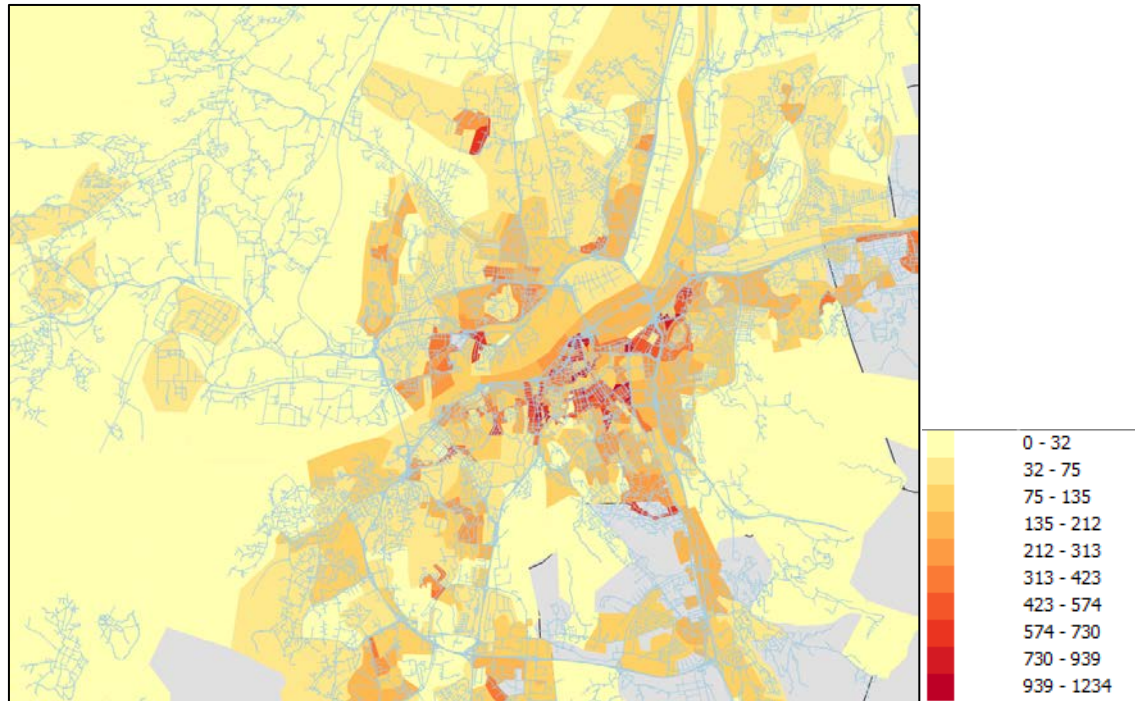
Figur 9. Antalet registrerade personbilar i trafik per hektar för varje postnummeryta, Göteborgs kommuns centralare delar.

Geografisk och temporal spridning av vägtrafikaktivitet

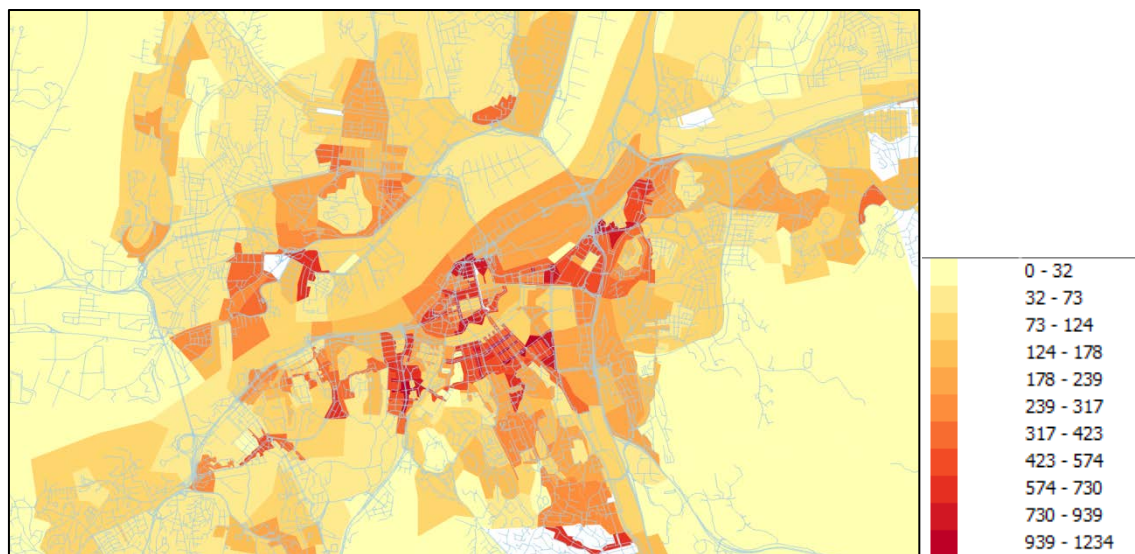
Vägtrafikens intensitet eller effektbehov kan beskrivas genom trafikflöden och deras geografiska spridning och högsta intensitet på dygnet. Trafikflödena ger viss information om fordonens potentiella destinationer men ger inte mycket vägledning om var fordonen faktiskt står parkerade eller hur länge. Det momentana effektbehovet som finns i samband med trafikrörelserna skulle emellertid kunna ge information om behovet av snabbbladdare, och en eventuell framtida utbyggnad av induktionsnät eller elvägar.

Nedan följer ett antal kartor med geografisk illustration av trafikflöden (fkm) per dygn eller för maxtimmen. Maxtimmen är ett begrepp som motsvarar det högsta trafikflödet en särskild timme under ett helår. För att göra illustrationerna meningsfulla så visas företeelsen täthet på motsvarande sätt som för fordonsregistreringarna; fkm per hektar, med den geografiska uppdelningen i postnummerytor. I Figur 11-14 är de större uppsamlade lederna bortfilterade för att bättre illustrera det lokala energi-/ effektbehovet. Skälet till detta är att bättre illustrera varifrån fordonen startar och inte vilka uppsamlingsleder de sedan åker på. De mindre uppsamlingsgatorna finns dock med även i dessa kartor då vägnätets datakategoriseringar inte var tillräckligt sofistikerat för att kunna göra en sådan filtrering.

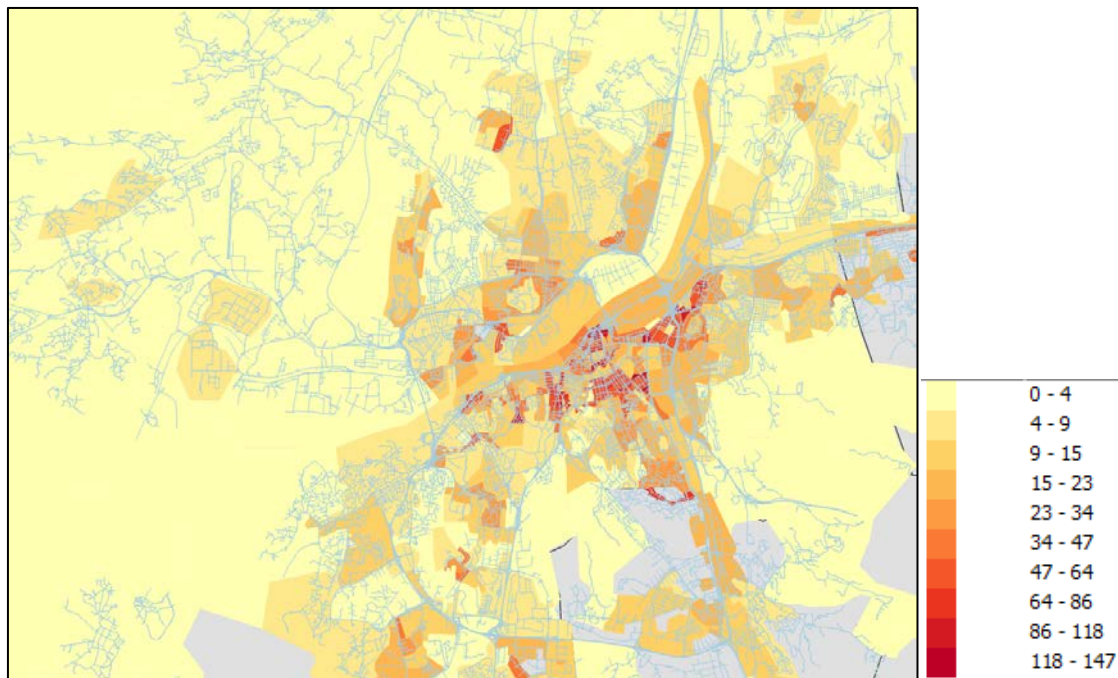
I figur 15 är alla vägar med, och de större lederna dominerar helt som förväntat.



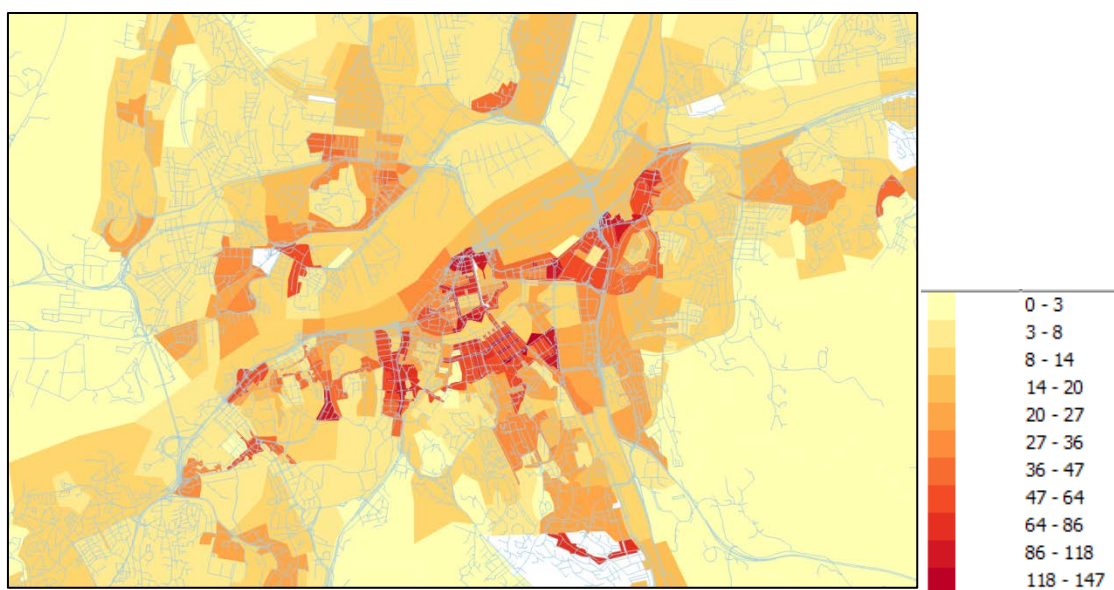
Figur 10. Antalet fkm lätta fordon per dygn och hektar uppdelat per postnummeryta, med de större lederna borträknande.



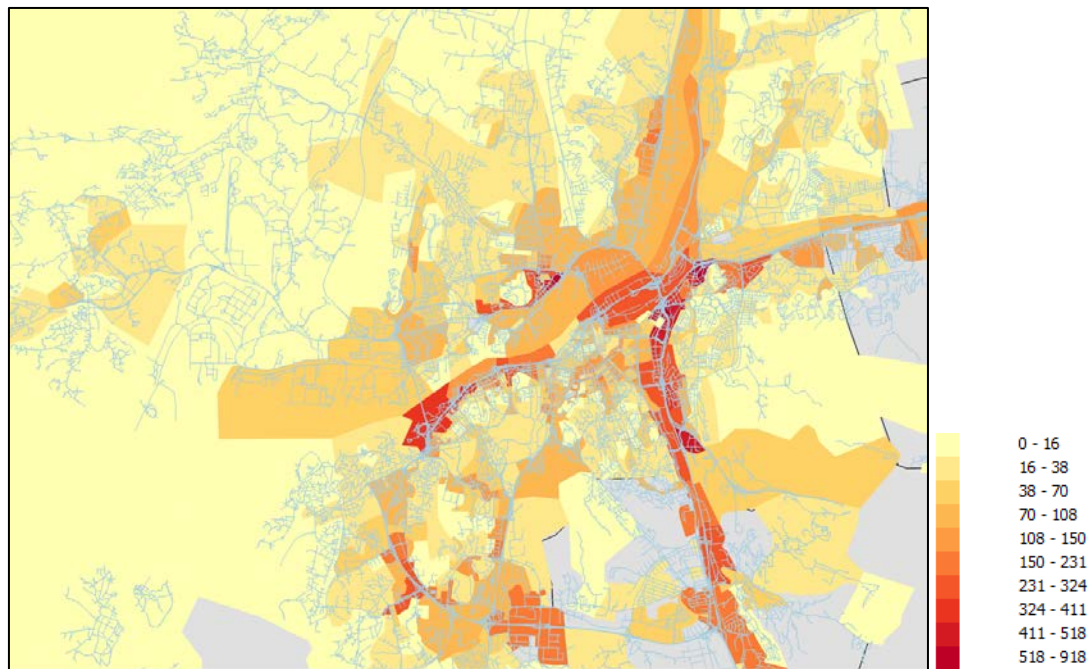
Figur 11. Antal fkm lätta fordon per dygn och hektar uppdelat per postnummeryta, med de större lederna borträknande, Göteborgs kommuns centralare delar.



Figur 12. Antalet fkm lätta fordon under maxtimmen per hektar uppdelat per postnummeryta, med de större lederna borträknade.



Figur 13. Antalet fkm lätta fordon under maxtimmen per hektar uppdelat per postnummeryta, med de större lederna borträknade, Göteborgs kommuns centralare delar.



Figur 14. Antalet fkm lätta fordon under maxtimmen per hektar uppdelat per postnummeryta med alla vägar med.

Rekommendation

Underlaget som har tagits fram i detta projekt kan användas på flera sätt i ett fortsatt arbete med att stödja elektrifiering av fordon. Data om hur många bilar som är registrerade per postnummerområde ger exempelvis en ungefärlig bild av var behoven av laddning sannolikt kommer att öka snabbast när allt fler fordonsägare får möjlighet att välja en laddbar bil. Där kommer behov av kunskap och nya tjänster öka hos både privatpersoners som kan behöva investera i laddningsutrustning och fastighetsägare som behöver nya laddtjänster för flerbostadshus.

Data om trafikflöden längs leder och i olika stadsdelar visar var behovet av snabbbladdning och destinationsladdning sannolikt kommer öka snabbast. Det kan också ge underlag för att bedöma var försök eller analyser av framtida laddtekniker genom induktionsladdning kan vara intressanta att genomföra. Ytterligare underlag som kan komma att behövas för fortsatta analyser kan vara underlag och analyser om parkeringsytor, ägandeformer och aktörers möjligheter att tillgodose det kommande behovet av bättre laddmöjligheter. Det kan också handla om frågor kring markåtkomst, betalningsmodeller samt trolig och önskvärd stadsutveckling med avseende på biltrafik. Sådant bör analyseras tillsammans med det underlag som tagits fram i denna utredning.

Referenser

[1] <http://www.mestmotor.se/recharge/>

[2] <https://www.spritmonitor.de/>

[3] <http://teknikensvarld.se/nu-blir-det-dyrt-att-kora-pa-el-27-kronor-per-mil-174069/>

[4] *Arbetspendlingen i Sveriges storstadsområden, – nuläge, brister och förtjänster*. Trivector, 2011.

[5] *Resvaneundersökning 2014*, Göteborg Stads Trafikkontor, 2015.

[6] *Effektsamband för transportsystemet, Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, Kapitel 3 Trafikanalyser*, Trafikverket, 2016.

Passagedata från Trängselskattens betalstationer

GIS- och trafikflödesdata från Miljöförvaltningen i Göteborg

GIS- och trafikflödesdata från Trafikkontoret i Göteborg

GIS-data från Postnummerservice

Fordonsregistreringsdata från SCB

Bränsleförbrukningsdata HBEFA-modellen



Bilaga 3 – Examensarbete med utgångspunkt i elektrifieringen

Utöver arbetet med PussEl inkluderar mitt examensarbete en uppskattning av potentialen hos förvaltare över ett större antal fordon att integrera sin verksamhet med elsystemet. Att undersöka potentiella aggregatorer i elsystemet som uppkommer vid en omfattande elektrifiering är för sammanhanget relevant. I examensarbetet har potentialen hos det lokala parkeringsbolaget att erbjuda vehicle-to-grid-tjänster (V2G) uppskattats, med fokus på teknisk potential och marknadsplatser.

Johannes Hjalmarsson

Civilingenjörsprogrammet i energisystem, Uppsala Universitet/Sveriges Lantbruksuniversitet

Elektrifieringen öppnar tillsammans med smart laddning upp dörrarna för fler aktörer att slå sig in på olika marknader för elkraft och nättjänster. För den som förvaltar ett stort antal fordon finns eventuellt en stor potential att erbjuda tjänster för det lokala nätbolaget, eller att slå sig in på de nordiska elmarknaderna. Göteborg Stads Parkering AB förvaltar i dagsläget ett stort antal parkeringsplatser i centrala Göteborg, och till år 2030 planeras omkring två tusen nya parkeringsplatser utrustade med flexibel laddinfrastruktur. Det gör dem till en potentiell aggregator i det svenska elsystemet, där stillastående fordon kan användas för att stötta elnätet genom vehicle-to-grid (V2G)-tjänster.

För att uppskatta aggregatorns potential är det relevant att inkludera flera aspekter i analysen: körvanor hos boende i regionen, beläggningsprofiler i parkeringshusen, tekniska begränsningar men även användarnas acceptans för konceptet. Den sistnämnda har en stor inverkan på konceptets potential, i och med att det är användarna som i slutändan bestämmer hur fordonen ska användas. Konceptet behöver vara så enkelt ur användarnas perspektiv att det inte påverkar möjligheten att utnyttja fordonen för traditionell bilkörning. Att kunna presentera nyttorna som medföljer av att användaren lånar ut sitt fordon är också av stor betydelse för att ro hem konceptet. Då uppskattningen av tillgänglig kapacitet väl är bestämd kan det appliceras på de olika marknadsplatserna för att avgöra den faktiska potentialen för V2G-tjänster.

Det har kunnat fastställas att det finns en teknisk potential hos aggregatorn att erbjuda tjänster direkt till balansansvarig aktör, men även till nätägaren. Tjänsterna som är mest relevanta att erbjuda från aggregatorns perspektiv är de som ger mest ekonomisk ersättning, och som medför den största nyttan. Att stödja elektrifieringen är en stor nytta för de lokala incitamenten och aktörerna, medan deltagande på elmarknaderna bidrar med en ökad ekonomisk potential hos aggregatorn. Nyttorna som aggregatorn medför är många, och det gäller att förmedla dessa på ett intuitivt sätt till användarna. Om de presenteras som mått i värden, pengar eller minskade utsläpp är upp till aggregatorn. Den ekonomiska situationen beror starkt på marknadsförutsättningarna, vilka förändras kontinuerligt i och med elsystemets utveckling. Genom att minimera batterislitaget från användning av V2G-tjänster samtidigt som batteripriserna sjunker kommer konkurrenskraften hos V2G att öka.

En av de stora utmaningarna som aggregator är att hantera körvanorna hos fordonsägarna. Att utnyttja parkerade elektrifierade fordon för nättjänster får ännu större potential om fordonen inte förflyttas regelbundet likt personbilar. Förvaltare av flottor för större fordon och maskinparker har en stor potential då körprofilerna är mer regelbundna och batterikapaciteterna större. Vidare ställer den intelligenta nätintegreringen av plug in-fordon också höga krav på kommunikation. Fordonet behöver kommunicera med användaren, elmarknaderna, elnätet och aggregatorn. Hur denna kommunikation ska ske på smidigast möjliga sätt behöver klargöras innan konceptet kan uppnå sin fulla potential.

Den stora frågan är vem som tar det obekväma första steget och sätter bollen i rullning.

Bilaga 4 – Examensarbete inom förnybar elproduktion och genereringskapacitet för att klara det omfattande elektrifieringsarbete i Göteborgs kommun

Denna bilaga är ett examensarbete på 30hp som har tagits fram i samarbete med Sweco AB och Kungliga Tekniska högskolan, KTH under våren 2018. Sverige har satt upp det ambitiösa målet med att uppnå en fossilfri fordonsflotta till år 2030 för att drastiskt minska koldioxidutsläppen för att hantera de rådande klimatförändringarna. Detta examensarbete är till stor del integrerat med Pusselbit 1: Energi och effektbehovet till 2030, där det nya energi- och effektbehovet har tagits fram. Den omfattande elektrifieringen har visat sig kräva ett årligt behov av 810 GWh för att täcka det nya energibehovet, som elektrifieringen innebär.

Frida Nilsson

Master inom hållbar energiteknik, Kungliga Tekniska högskolan

För att uppnå en fossilfri fordonsflotta till 2030 krävs det dels att fossila bränslen ersätts med förnybara alternativ. I denna studie har enbart hänsyn tagits till att ersätta fordonstrafiken med elektricitet, däremot har ursprunget till denna elektricitet inte blivit utvärderat. För att försäkra sig att trafikarbetet minimerar de lokala utsläppen krävs det att den tillförda elektriciteten kommer från förnybara resurser. Av denna anledning, är syftet med detta examensarbete att undersöka hur mycket installerad förnybar kapacitet som kommer behövas i och med det omfattande elektrifieringsarbetet i Göteborgs kommun. För att undersöka detta har mjukvaran EnergyPLAN använts. EnergyPLAN är ett verktyg för att analysera både regionala som nationella energisystem med antingen en tekniskt- och/eller ekonomiskt tillvägagångssätt.

För att få en uppfattning om vilka förnybara resurser som finns tillgängliga för simulation i EnergyPLAN har en kartläggning gjorts för att se den förnybara potentialen i Göteborgs kommun. Elproduktion från vind bedöms lovande i hela Västra Götalandsregionen tack vare de starka vindförhållandena och möjlighet att expandera offshore produktion. Trots den norra breddgraden har Göteborg en hög potential för solenergi. Solceller och paneler har drastiskt sjunkit i pris och de lätta installationerna tyder på ökad spridning och användning. Eftersom både sol- och vindenergi är starkt beroende av väderförhållandet är det svårt att estimerar och garantera ett jämnt och balanserat utbud av förnybarenergi under dygnets timmar såväl som under året.

Simuleringen i EnergyPLAN har visat att förnybar elektricitetsproduktion från sol och vind inte kommer vara tillräcklig för att täcka det nya elektrifieringsbehovet enbart. För att kunna försäkra sig om att behovet är täckt under dygnets alla timmar krävs det en back-up generering. Genom att använda biomassa kan koldioxidutsläppen hållas till en nollnivå och förnybar elproduktion kommer kunna klara av att möta det nya elektrifieringsbehovet. Det har visat sig vara mest lönsamt ur ett ekonomiskt perspektiv men också under de förutsättningar Göteborg besitter i att investera i generering från sol, biomassa, wind samt offshore.

Däremot, bör det noteras att i dessa simuleringar är det antaget att laddningen är styrd och där övernattsladdning är den främsta laddstrategin för majoriteten av fordonsflottan. Denna laddstrategi tillsammans med det överskott av elektricitetsproduktion under sommartid kommer sätta högre krav på att hitta lösningar inom lagring, smart laddning och innovationstänk med växande koncept så som V2G att balansera den oregelbundna produktionen och arbeta under off-peak.

Rapporten är pågående och kommer att preliminärt färdigställas och publiceras i augusti 2018.