

Datum 2018-12-21

RAPPORT
Logistikupplägg &
laddinfrastrukturer för
elektrifierade
fordonsflottor (ELLOG)

Logistikupplägg & laddinfrastrukturer för elektrifierade fordonflottor - (ELLOG)



Projektet är en del av regeringens samverkansprogram Nästa generations resor och transporter och finansieras till hälften av Vinnova, Sveriges innovationsmyndighet. Regeringen pekar genom samverkansprogrammen ut fem svenska styrkeområden där vi tillsammans med partners investerar i framtiden. Det handlar om nya sätt att resa, bo, göra affärer, leva, kommunicera och tillvarata och bevara jordens resurser och ekosystem.

Sverige behöver ett mer transporteffektivt samhälle där transporterna används smartare och med mer resurseffektiva fordon. Samverkansprogrammet Nästa generations resor och transporter inkluderar alla färdstätt och har ett övergripande perspektiv där alla trafikslag samverkar för att lösa kvinnors och mäns resor och behov av transporter av gods.

Sammanfattning	4
Executive summary	5
1 Bakgrund.....	6
2 Syfte och mål	6
3 Genomförande	6
3.1 Genomförande - ELSOP	7
3.2 Genomförande - ELDIS.....	7
3.2.1 Schenker Terminalutformning - laddinfrastruktur.....	7
3.2.2 Färskvarudistribution COOP - Göteborg och Stockholm.....	7
3.3 Genomförande ELLAD	7
3.4 Analysverktyg	8
3.4.1 Loggning.....	10
3.5 Utgångspunkter och antaganden.....	10
3.5.1 Tekniska utgångspunkter.....	10
3.5.2 Ekonomiska antaganden	11
4 Resultat	11
4.1 ELSOP - Avfallshämtning i centrala Göteborg	11
4.1.1 Nulägesbeskrivning.....	11
4.1.2 Energiförbrukning vid en elektrifiering	12
4.1.3 Möjligheter till laddning på terminal	17
4.1.4 Ekonomisk jämförelse	19
4.2 ELDIS - DB Schenker - Terminalutformning.....	21
4.2.1 Nulägesbeskrivning.....	21
4.2.2 Energiförbrukning vid en elektrifiering	22
4.2.3 Möjligheter till laddning på terminal	22
4.2.4 Ekonomisk jämförelse	26
4.3 ELDIS - COOP - Färskvarudistribution	28
4.3.1 Nulägesbeskrivning.....	28
4.3.2 Möjligheter till elektrifiering	31
4.4 ELLAD.....	32
4.4.1 Urbana flöden och laddinfrastruktur	32
4.4.2 Regionala flöden – exempel på case för dimensionering.....	34
4.4.3 Interregionala flöden – exempel på case för dimensionering	34
5 Förslag till frågeställningar för fortsättningsprojekt	35

5.1	ELSOP2.....	35
5.2	ELDIS2.....	35
5.3	ELLAD2.....	35
5.4	Verktyg.....	36
6	Resultatspridning	36
7	Slutsatser och fortsatt arbete	37
8	Deltagande parter och kontaktpersoner.....	38
9	Bilagor	38
10	Referenser.....	38

Sammanfattning

Övergången till ett transportsystem baserat på förnyelsebar energi och krav på mycket låga emissioner av ljud, partiklar och oönskade gaser i urbana områden medför sannolikt att lastfordonen där kommer att elektrifieras. En övergripande slutsats från projektet är att detta är tekniskt och ekonomiskt rimligt inom en snar framtid.

I ELLOG har två huvudsakliga tillämpningsfall analyserats - avfallshämtning (ELSOP) respektive distribution (ELDIS) i avsikt att skapa underlag för demonstrationer av logistikupplägg för flottor med elektrifierade fordon. Ett tredje delprojekt (ELLAD) har ägnats åt att analysera och sammanställa laddbehov för dessa tillämpningsfall samt hypotetiska regionala och interregionala fall. Transportvolym, topografi och avstånd till och från knutpunkter samt leverans- och hämtpunkter, lämpligt förarutnyttjande har fått bilda bas för förslag till batteristorlekar, laddeffekter och laddstationsplaceringar för framtida behov.

I ELSOP studerades möjligheten att hämta brännbart och matavfall i centrala Göteborg med en flotta av elektrifierade lastbilar. Preliminära resultat visar att det är fullt möjligt att hämta brännbart och matavfall i centrala Göteborg med elektrifierade sopbilar av den typ som nyligen presenterats och att det är tillräckligt att ladda fordonen när de står parkerade över natten. Förändringen i logistikupplägg är minimal. På kort sikt kommer en elektrifiering att innebära något högre årliga kostnader jämfört med fordon som kör på HVO men är däremot kostnadseffektiv jämfört med biogas.

I ELDIS har två olika fall studerats, styckeogodsdistribution i Stockholms innerstad samt färskvarudistribution i Göteborg och Stockholm. Analysen visar att det är tekniskt möjligt att distribuera styckeogods i Stockholms innerstad med en flotta av elektrifierade lastbilar och att det är tillräckligt att ladda fordonen på terminalen när de står uppställda över natten. En övergång till eldrift bör redan inom några år vara ekonomiskt jämförbar med att köra på HVO men kan initialt medföra något högre årliga kostnader. Någon jämförelse med biogas har inte gjorts i detta fallet.

En elektrifiering av livsmedelsdistributionen för COOP i Göteborg är i dagsläget mer komplicerad att realisera utan en betydande kostnadsökning. COOP köper sina transporter av Schenker som anlitar TGM, ett åkeri i Göteborg, för detta. Transporterna utförs till största delen under förmiddagarna då alla butiker vill ha leveranser. Därefter används fordonen ibland även för andra transporttjänster för andra kunder. Det innebär en ökad osäkerhet i det enskilda fordonets körsträcka och kan, baserat på dagens batterikapacitet och räckvidd, komma att kräva en extern laddinfrastruktur. Situationen i Stockholm är likadan då åkeriet som kör för COOP också utför annat transportarbete med de aktuella fordonen. Åkeriernas verksamhet är konkurrensutsatt. En elektrifiering måste vara lönsam eller åtminstone kostnadsneutral för åkeriet. En enskild transportköpare har svårt att kräva att transporterna elektrifieras utan att drabbas av stora extrakostnader. En strategiskt lokaliserad och måttligt utbredd extern laddinfrastruktur i utkanten av Stockholm respektive Göteborg kan potentiellt bidra till att en stor del av de fordon som används för COOP och liknande kunder skulle kunna elektrifieras. Denna hypotes behöver verifieras i ett fortsättningsprojekt.

I ELLAD har vi studerat urbana, regionala och interregionala flöden avseende möjligheter till elektrifiering och därtill passande laddinfrastruktur. Resultaten från ELSOP och ELDIS har tjänat som viktig input och det ELLAD-relaterade arbete som berör dessa tillämpningsfall och som primärt beskriver urban transport redovisas i motsvarande tillämpningsavsnitt. Två hypotetiska tillämpningar för regional respektive interregional transport, som fokuserar på utmanande krav på designparametrar har analyserats. I samtliga fall är krav på högt utnyttjande av förare, fordon och laddinfrastruktur

styrande för laddstationernas uppbyggnad. Om behovet av laddeffekt för olika tillämpningar varierar stort över dagen behöver ofta lösningar som utjämnar laddstationernas totala strömtillförsel implementeras.

Slutsatser ELLOG:

- Det finns urbana flöden som är relativt enkla att elektrifiera (Renova, Schenker och liknande) och som kan elektrifieras genom politiska beslut
- En extern laddinfrastruktur torde kunna öka möjligheterna för en snabbare introduktion av elektrifierade godslösningar med en större mängd flöden i och kring storstadsområden
- En elektrifiering innebär att ljudemissioner kan minskas och drifttiden per dygn för fordonen kan utökas. Här finns en potential att minska totalkostnad förutsatt att leveranser kan göras utan stora extrakostnader och fordonen kan påladdas under rimlig tid.
- Verktyg för analys av kostnader och krav på systemutformning i urbana tillämpningar har tillämpats med stor framgång och men behöver valideras i fortsatta pilotprojekt
- För regionala och interregionala flöden behöver nya kostnadseffektiva systemkoncept utvecklas och utforskas som utnyttjar elektrifieringens möjligheter.

Executive summary

The purpose of ELLOG has been to accelerate the transition towards a fossil-free transport sector based on renewable electricity. The project has reached its aim to investigate the preconditions and describe efficient logistic set ups based on electric trucks and suitable charging infrastructure.

Two main applications, waste handling and goods distribution, have been analyzed, with the aim to create descriptions of demonstrations of logistic set ups with fleets of electric vehicles. An overall conclusion from the project is that the electrification of urban logistics with medium sized heavy trucks is technically feasible and economically reasonable within short.

A number of partners from the industry, society and the academia have worked together in close cooperation. A description of the present set up in the different applications of urban logistics have been made. Routes, time tables, loads, vehicle types and staffing and the kind of terminal or depot infrastructure as well as system planning have been described. A tool for system analysis used and developed in a previous project (EAEB) has been developed further and used to study and visualize the technical performance of the present set ups, when electrified.

ELLOG has contributed to a better understanding of the ongoing electrification. It is expected that the increased knowledge contributes to speeding up the transition towards a fossil-free transport sector. There are some urban logistics flows that are quite easy to electrify (e.g garbage/waste at Renova and City distribution at Schenker and similar). An external investment of charging infrastructure should most probably speed up the introduction of electrified logistic solutions within and around the urban areas. A software tool has been used successfully to analyze system configuration and costs, but needs to be validated in future pilot projects. For regional and interregional logistics flows there is a need of new and costefficient developed system concepts that explore and utilize the possibilities with an electrification.

1 Bakgrund

Världens städer står inför stora utmaningar när det gäller att möta behovet av effektiva och uthålliga transporter av gods och människor utan skadliga emissioner. Elektrifiering har under de senaste åren utkristalliserat sig som den teknik många städer ser som lösningen på dessa utmaningar. Flera städer överväger att införa miljözoner där endast fordon med elektrisk drift får framföras.

Kollektivtrafiken är det område inom kommersiella fordon inom vilket elektrifieringen har kommit längst beroende på att trafiken körs på ett repetitivt och förutsägbart sätt. Detta möjliggör en god prediktering av energiförbrukning och därtill kopplad storlek på fordonsbatteri och laddbehov. Elbussar införs nu i stor skala globalt och förutses vara den dominerande fordonstypen för kollektivtrafik på väg i städer redan 2025 - 2030 (ZeEUS-rapport, november 2017).

Inom godsområdet kan urban avfallshantering ses som ett relativt väldefinierat segment med fastlagda rutter som utförs enligt ett förutbestämt schema och därmed passa för elektrifiering. Hämtning av rest- och matavfall i centrala Göteborg utförs av Renova som ägs av Göteborgs kommun tillsammans med nio andra kommuner. Under 2019 - 2020 kommer Göteborgs stad Kretslopp och vatten att tillsammans med Renova, Volvo och JOAB, utvärdera den nya tekniken genom att ersätta en ordinarie bil med en elektrifierad sopbil i verklig miljö. Denna sopbil kommer att köra en rutt som är lämplig för fordonets energilager och ett flertal aspekter primärt kopplade till dess funktionalitet kommer att utvärderas. Testerna kommer att köras som en del i UDI-projektet DenCity steg 3. Dessa tester utformas baserat på preliminära resultat i föreliggande projekt.

Inom DenCity, som delfinansieras av Vinnova, kommer under 2019 också en elektrifierad distributionslastbil att testas en begränsad tid för livsmedelsdistribution. Distributionsfordon går ofta på geografiskt väl avgränsade rutter men ibland kan variationen vara stor. Även här har en preliminär analys gjorts baserat på resultat i föreliggande projekt.

För att påskynda övergången till en fossilfri transportsektor finns det anledning att tidigt i processen studera möjligheterna till en snabb uppskalning av ovanstående fältförsök med enstaka fordon till att omfatta större eller mindre fordonsflottor. Ett systemperspektiv måste användas för att belysa samtliga aspekter som påverkar utformning och kostnad för att nå önskvärda mål.

Genom att studera både avfallshämtning och godsdistribution skapas en ökad förståelse för systemet. Segmenten kompletterar varandra eftersom körcyklerna och lastförhållandena skiljer till stor del. Det finns dock flera gemensamma frågeställningar t ex den förväntade respektive önskade tillgången på laddinfrastruktur och kapaciteten hos denna. Det är viktigt att de krav som godstransporterna ställer snarast kan specificeras för att kostnadseffektiva lösningar kan byggas upp.

2 Syfte och mål

Projektet har syftat till att påskynda övergången till en hållbar transportsektor med elektricitet som energibärare och om möjligt med ursprung från förnyelsebara energikällor.

Målet med projektet har varit att undersöka förutsättningar och effektiva logistikupplägg för olika tillämpningar för en framtida operation med elektrifierade fordonsflottor och passande laddinfrastruktur.

3 Genomförande

Projektet har arbetat i tre delprojekt, ELSOP, ELDIS och ELLAD och genomförandet beskrivs nedan.

3.1 Genomförande - ELSOP

I ELSOP har följande parter medverkat: Göteborgs Stad - Kretslopp och vatten, Renova, Göteborg Energi, Volvo, Chalmers, RISE & CLOSER. Parterna har tillsammans gjort en nulägesbeskrivning av hur avfallshämtningen fungerar inom Göteborg inklusive rutter, vikter och bemanning, vilka resurser som används för utförandet i form av fordon, terminalinfrastruktur och tömningsplatser samt hur avfallshämtningen är planerad. RISE Viktoria har tillsammans med parterna vidareutvecklat det analysverktyg som använts i tidigare projekt (EAEB) för att kunna studera befintligt logistikupplägg med eventuellt nya upplägg samt därtill hörande kostnader. Utgångspunkten för projektet har varit att det är önskvärt att en eventuell elektrifiering inte påverkar nuvarande logistikupplägg.

En väsentlig input till analysen har varit att verifiera att projektet räknar med något så när korrekta uppgifter för en sopbils energiförbrukning. Detta möjliggjordes under våren 2018 genom loggning av sopbilarnas rörelser med hjälp av mobiltelefoner, se vidare avsnitt 3.4.1.

3.2 Genomförande - ELDIS

I ELDIS har följande parter medverkat: COOP, Schenker, Göteborg Energi, Volvo, Chalmers, RISE & CLOSER. Delprojektet har i sin tur bestått av två delar med olika inriktning - stycke gods distribution i Stockholms innerstad med fokus på utformning av laddinfrastruktur på terminalen i Spånga samt färskvarudistribution genom Schenker/TGM för COOPs räkning i Göteborg respektive Stockholm.

3.2.1 Schenker Terminalutformning - laddinfrastruktur

I Stockholmsfallet har parterna tillsammans gjort en nulägesbeskrivning genom att studera ett antal historiska, typiska distributionsrutter i Stockholms innerstad med utgångspunkt från terminalen i Spånga. En nulägesbeskrivning har gjorts inklusive tider, rutter och bemanning, vilka resurser som används för utförandet i form av fordon och terminalinfrastruktur samt hur verksamheten planeras. Analysverktyget har vidareutvecklats för att studera befintligt logistikupplägg jämfört med eventuellt nya upplägg samt därtill hörande kostnader. Utgångspunkten för projektet har varit att det är önskvärt att en eventuell elektrifiering inte påverkar nuvarande logistikupplägg samt att det är kostnadseffektivt. I arbetet har studenter från Chalmers engagerats för att detaljstudera och bearbeta indata för rutter i syfte att förbättra noggrannheten i analys av energiförbrukningen.

3.2.2 Färskvarudistribution COOP - Göteborg och Stockholm

Parterna har gjort en nulägesbeskrivning av hur distributionen av färskvaror fungerar genom att studera och analysera befintlig planering. En stor del av arbetet utfördes i form av ett kandidatarbete [1] av en grupp Chalmersstudenter som sedan sammanfattades, se bilaga 3. Rutter analyserades avseende energiförbrukning, mm i analysverktyget. Till skillnad från Renova i ELSOP och Schenker utför COOP inga transporter själva och äger inga fordon. Kontakter och direkta samtal med åkeriet som utför transporter har i detta fall varit värdefulla för att dra slutsatser kring möjligheterna att elektrifiera flödet men framför allt för inriktningen för eventuella fortsättningsprojekt. Utöver kartläggningen av färskvarudistributionen i Göteborg har COOPs färskvarudistribution i Stockholm översiktligt studerats för att undersöka om liknande förutsättningar råder där, se bilaga 4.

3.3 Genomförande ELLAD

I ELLAD har vi studerat urbana, regionala och interregionala flöden avseende möjligheter till elektrifiering och därtill passande laddinfrastruktur. Resultaten från ELSOP och ELDIS har tjänat som viktig input och det ELLAD-relaterade arbete som berör dessa tillämpningsfall och som primärt beskriver urban transport redovisas i motsvarande tillämpningsavsnitt. Två hypotetiska tillämpningar

för regional respektive interregional transport som fokuserar på utmanande krav på designparametrar har analyserats. I samtliga fall är krav på högt utnyttjande av förare, fordon och laddinfrastruktur styrande för laddstationernas uppbyggnad. Om behovet av laddeffekt för olika tillämpningar varierar stort över dagen behöver ofta lösningar som utjämnar laddstationernas totala strömtillförsel implementeras.

3.4 Analysverktyg

För att analysera hur stora batterier som behövs i fordonen samt var, när och hur laddning skall ske är det nödvändigt att ta i beaktande hur mycket energi fordonen förbrukar samt var de befinner sig under dagen. För att göra detta har vi samlat in typiska turer som körs i de olika verksamheterna som projektet analyserat, och använt fordonmodeller för att uppskatta energiförbrukningen för de fordonstyper som är aktuella. Analyserna har till stor utsträckning gjorts med hjälp av ett verktyg som ursprungligen utvecklades för att studera motsvarande frågor för stadsbusstrafik. Hur verktyget anpassats för att stödja de nya verksamhetstyperna har beskrivits i en artikel [2] presenterad på en konferens i Japan och tas inte upp ytterligare här. Själva verktyget i sin ursprungliga form har i sin tur beskrivits i en tidigare artikel [3]. Valideringen av de nya fordonens modellerade energiförbrukning kan dock redogöras för, och det gör vi här.

I grund och botten finns det två faktum som komplicerar energiförbrukningsmodelleringen mer än vanligt:

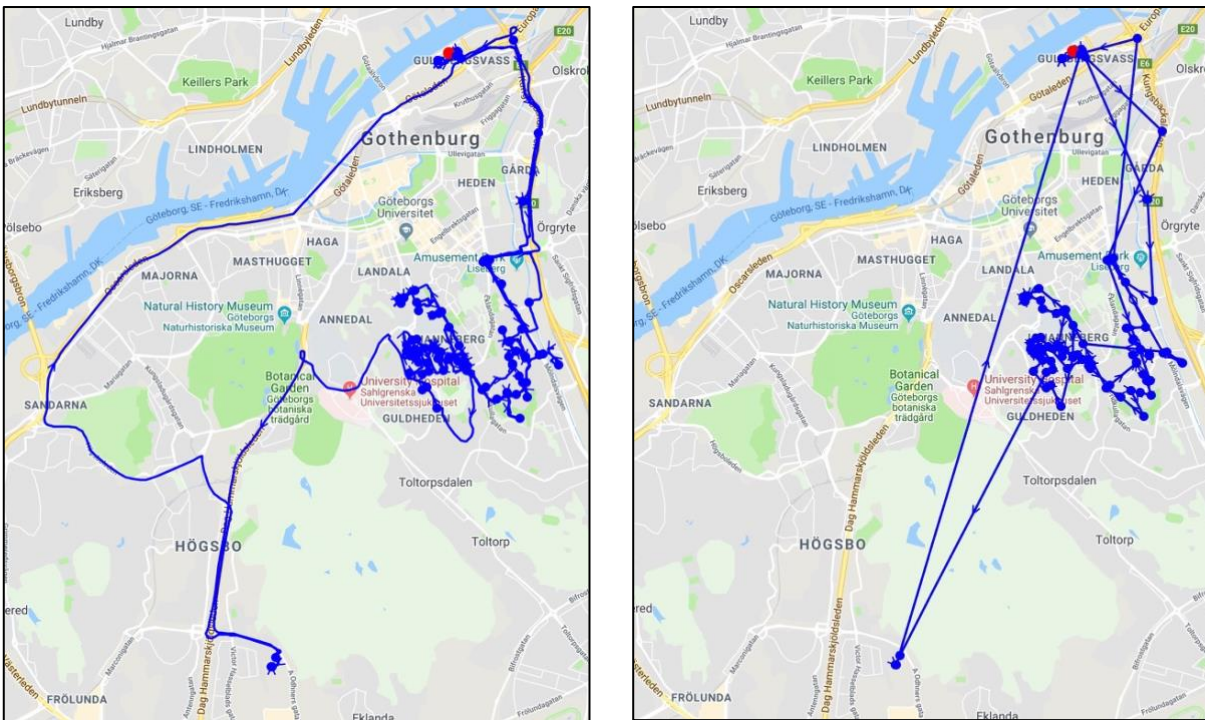
1. Det finns än så länge lite eller ingen statistik på de aktuella fordonens energiförbrukning.
2. Det är tidskrävande att få fram detaljerade, geografiska ruttsträckningsdata för verksamheterna som analyseras.

Punkt 1 gör att vi inte har någon tydlig referens från verkligheten att hänvisa till och jämföra modellerad energiförbrukning med. Punkt 2 har lett till att vi i analyserna huvudsakligen använt ruttsträckningsdata där platserna där fordonen stannar för upphämtning eller leverans finns med, men där körvägen mellan dessa platser saknas och därför approximeras med fågelvägssträckor mellan stoppen. För att ändå få ett grepp om energiförbrukningen gjorde vi följande:

1. Volvo genomförde simuleringar med detaljerade fordonmodeller på några turer där fordonets körväg loggats i detalj med sekundupplösning.
2. Vi tog sedan artificiellt bort datapunkter mellan stopp från samma datafil så att vi istället fick fågelvägssträckor mellan stoppen. Denna lades in i analysverktyget.
3. Slutligen kalibrerade vi fordonmodellerna i analysverktyget så att variationen i batterienerginivå längs turen med fågelvägssträckor liknade den från Volvos simuleringar på samma tur med detaljerade sträckor.

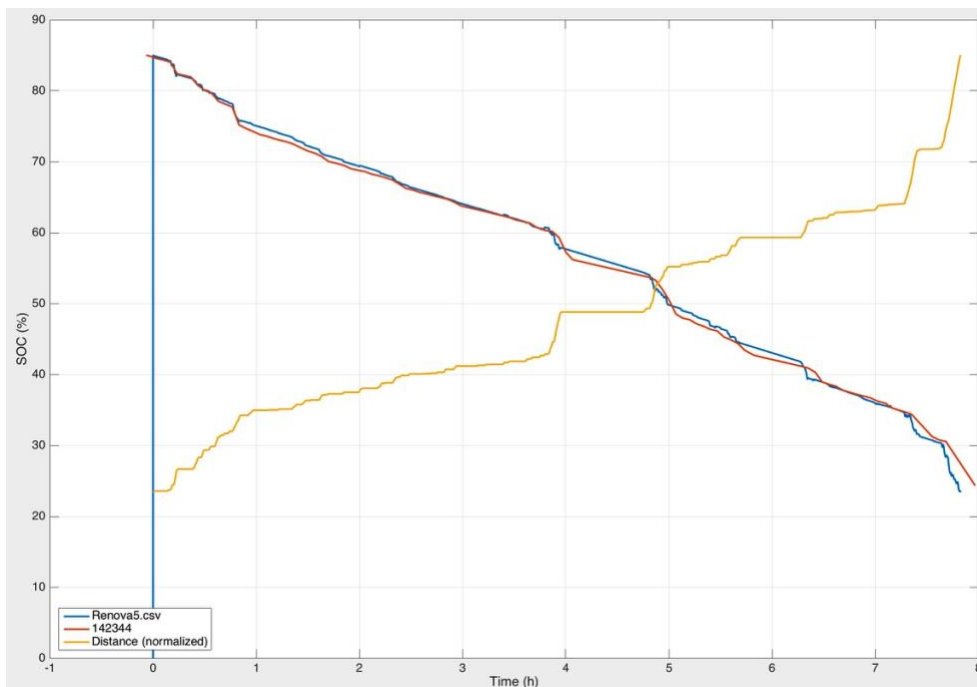
En av de loggade turerna kan ses i Figur 1, både den detaljerade som Volvo använde för simuleringen, samt varianten med detaljerade sträckor borttagna som analysverktyget använde sig av. En jämförelse av batterienerginivåerna efter kalibreringsförfarande kan ses i Figur 2.

Resultatet av detta är alltså att vi i analysverktyget kan använda ruttdata med fågelvägssträckning mellan hållplatserna – som är enklare att få fram – och ändå få liknande energiförbrukning ur batteriet som med mer detaljerade simuleringar på samma rutt med fullständig körvägssträckning mellan stoppen.



Figur 1 Loggad sopbilstur med (vänster) och utan (höger) koordinater mellan stoppen.

Den vänstra varianten är ett typexempel på hur fordonen faktiskt kör, den högra på enkelt tillgängliga ruttdata som användes för analyserna i projektet.



Figur 2 Batterienergivåvriation längs kalibreringsturen (se Figur 1) med Volvos detaljerade fordonssimulering på turen med alla koordinater (blå) och med den enklare fordonssmodellen i analysverktyget på turen utan koordinater mellan stoppen, efter kalibrering.

Den enkla fordonsmodellen i analysverktyget kalibrerades så att batterinivåvariationerna längs turen utan koordinater i så stor utsträckning som möjligt liknade batterinivåvariationerna som erhöles med mer detaljerad fordonssimulering utförd av Volvo på samma rutt med koordinater (se Figur 2).

Förhoppningsvis kan detta verktyg kalibreras i ett fortsättningsprojekt ELLOG2 där bland annat data från olika pilotprojekt utnyttjas. I föreliggande projekt har verktyget i sin nuvarande utformning och val av parametervärden utnyttjats. Det innebär att resultaten kan förändras en del i detaljer men förmodligen inte i huvudsatsatser.

3.4.1 Loggning

Loggningen som har genomförts på sopbilarna är gjord med enkla smartphones. Anledningen till denna metod är att på ett snabbt och smidigt sätt kunna logga en relativt stor population av fordon, jämfört med om man skulle använt en konventionell metod med installerad loggutrustning i varje fordon. Smartphonernas fördel är även att de använder sig av flera sensorer, så som GPS, GSM och WiFi, för att få en bättre position i områden där GPS självt ofta annars får problem att leverera en exakt position. Tex i tätbebyggelse. Utöver denna positionering för latitude och longitude får man oftast även en betydligt förbättrad position i altitude med hjälp av telefonens trycksensor.

När loggningen är slutförd samlas filerna in och behandlas i ett Matlab script för att ta hand om felaktiga värden och försöka att estimerade delar där värden saknas eller där vi har många felaktiga värden i följd.

När loggarna är färdiga cykler i Matlab simuleras sedan respektive applikation med den senaste mjukvaran och modellerna för att få en så bra uppskattning som möjligt över hur en produktionsvagn kommer att bete sig i den loggade cykeln och därmed också i ett verkligt körfall.

3.5 Utgångspunkter och antaganden

I projektet har vi dels gjort en teknisk analys av energiförbrukning och energiförsörjning, dels en ekonomisk analys för att få en uppfattning om och eventuellt när en elektrifiering kan vara kostnadseffektiv i förhållande till nuvarande teknik. Ett antal utgångspunkter och antaganden har därför gjorts och de mest väsentliga redovisas nedan.

3.5.1 Tekniska utgångspunkter

3.5.1.1 State of Charge (SoC)

Batteriets övre energinivå: 80 %, dvs batteriet kan bara laddas till 80 % av dess maximala energinivå. Batteriets undre energinivå: 20 %, om analysen visar att en rutt leder till att batteriet laddas ur under 20 % av dess maximala energinivå så anses detta för lågt och ett större batteri eller tilläggsaddning krävs.

3.5.1.2 Energiförbrukning

I analysen har vi genomgående utgått från 3 olika scenarier för fordonets energiförbrukning - låg, medel och hög. Uppskattningarna av energiförbrukningen är teoretiska men bygger på antaganden som anses rimliga. I likhet med motsvarande analyser för kollektivtrafik är det viktigt att inte räkna bara på ett medel eller gynnsamt scenario utan också på ett worst case scenario. Det bör betonas att projektet snarare överdrivit energiförbrukningen än det motsatta.

3.5.2 Ekonomiska antaganden

3.5.2.1 Fordonspriser

Ett elektriskt fordon är en enklare konstruktion än ett konventionellt fordon och priset för ett elektriskt fordon, exklusive batteri, bör med ökade produktionsvolymerna närma sig eller till och med bli lägre än priset för ett konventionellt fordon inklusive förbränningsmotor. Initialt är priset betydligt högre. För enkelhetens skull har vi antagit att ett elfordon inklusive batteri på kort sikt kostar dubbelt så mycket som ett konventionellt fordon.

3.5.2.2 Batteripriser

Priser på batterier är baserade på offentliga källor och ej från tillverkare. Priserna är uppskattningar för 2018 samt för ca 2023. Priset på batterier (SEK/kWh) har historiskt fallit kontinuerligt men är svårt att förutsäga.

3.5.2.3 Bränslepriser

Priser på HVO och biogas som använts i ekonomiska analyser, kort sikt, är hämtade från offentliga källor. Vi har räknat med att priset för HVO potentiellt kommer att stiga avsevärt pga begränsad tillgång.

4 Resultat

Avsnittet är indelat i 4 delar: ELSOP - Avfallshämtning i centrala Göteborg, ELDIS - DB Schenker - Styckegodsdistribution - Terminalutformning, ELDIS - COOP - Färskvarudistribution samt ELLAD.

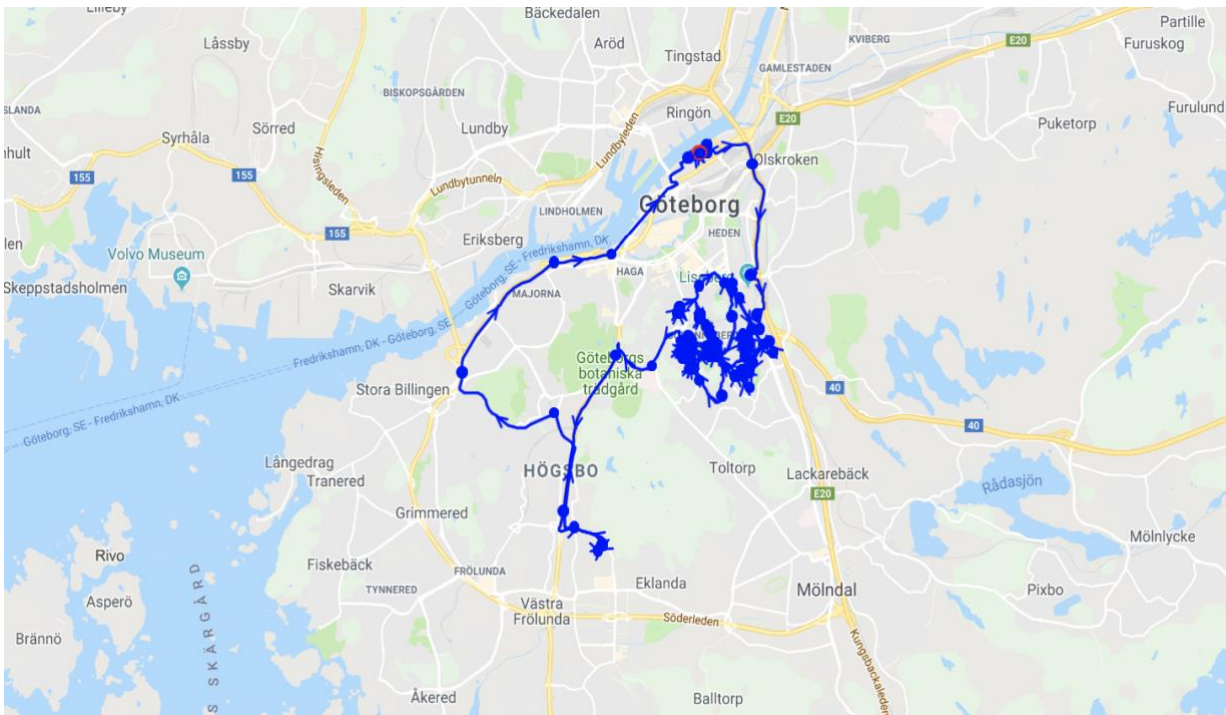
4.1 ELSOP - Avfallshämtning i centrala Göteborg

Denna studie har avgränsats till att fokusera på de sopbilar som går i Göteborgs innerstad. Bedömningen har varit att det är ett lämpligt område att undersöka av två huvudsakliga anledningar – med elfordon kan buller minska och emissioner elimineras och de relativt korta körsträckorna i stadskärnan lämpar sig för elfordon.

4.1.1 Nulägesbeskrivning

Insamling av brännbart- och matavfall i centrala Göteborg utförs idag av Renova. 16 bilar används fördelat på ett antal 2- och 3-axliga fordon. Samtliga fordon är 1-fackare vilket innebär att de bara hämtar en fraktion i taget. Några fordon används för att hämta både restavfall och matavfall men då vid olika tidpunkter. Samtliga fordon i innerstaden är bemannade med två personer för att möjliggöra ett effektivt arbete utan att vara i vägen för medtrafikanter. De 2-axliga fordonen har en begränsad lastkapacitet på runt 6 - 7 ton på grund av bärighetskrav på vägar och broar, men är i gengäld relativt lätta att manövrera på trånga gator. De 3-axliga fordonen har i centrala Göteborg kan lasta och lastas betydligt mer, i regel kring 10 - 11 ton, men har svårare att ta sig runt i trånga utrymmen.

Hämtning av avfall hos kunden sker på ett rullande schema, oftast 2 eller 3 gånger per vecka. Arbetet skiljer sig därför från dag till dag men är predikerbart på veckobasis. Fordonen kör i normalfallet samma återkommande rutt varje given vardag. Även antalet arbetsdagar per år är förbestämt till 5 gånger 51. Bilarna utgår ifrån Holmen i Göteborg. Tömning sker Sävenäs eller Högsbo. Från Högsbo transporteras avfallet sedan till Sävenäs.



Figur 3 Typisk sopbilsrutt med början och slut i Renovas terminal på Holmen.

Arbetet startar oftast omkring kl 6:30 för att hinna hämta avfall inom Vallgraven där trafik med tunga fordon är förbjuden efter kl 11:00. Totalt kör bilarna mellan ca 40 och 60 km per dag men detta kan variera beroende på antal tömningar. Rutterna har uppskattningsvis ca 60 inplanerade stopp för brännbart och tre gånger så många stopp för bilarna som kör matavfall. Då det är relativt kort mellan stoppen och många kärl som ska tömmas per stopp så är den körda distansen kortare jämfört med turer som går utanför centrala delarna av staden. Bilarna som kör biologiskt avfall kan oftast hämta vid samtliga planerade stopp innan bilen töms vid dagens slut. Brännbart avfall är mer skrymmande och kräver att bilarna töms en till två gånger per dag.

Insamling av sopor senare på eftermiddagen är inte aktuellt pga den ökade persontrafiken och parkerade fordon som stundtals står i vägen och gör arbetet ineffektivt. Under natten finns bullerkrav som hindrar arbete och det är inte sällan tömningen av soporna medför en högre bullerintensitet än själva fordonet.

4.1.2 Energiförbrukning vid en elektrifiering

I tabellen nedan visas de olika fordonens energiförbrukning beräknad i analysverktyget.

Uppskattningarna av energiförbrukningen är teoretiska men bygger på antaganden som anses rimliga.

Nr	Fordon		Körsträcka (km)		Energibehov (kWh)		
	Batteristorlek (kWh)	Fraktion	Fågelväg	Med waypoints	Låg	Medel	Hög
1	150	Brännbart	27	43	53,6	64	74,8
2	150	Brännbart	34	54	60,7	72,3	86
3	150	Brännbart	27	43	45,9	55,5	65,5
4	150	Brännbart	29	46	47,6	57,6	68
5	150	Brännbart	21	34	51,6	61,1	70,7
6	150	Brännbart	27	43	62,9	74,7	86,7
7	150	Brännbart	21	34	52,8	62,3	72
8	150	Brännbart	27	43	53,4	64	74,8
9	150	Brännbart	19	30	44,4	52,8	61,4
10	150	Matavfall	31	50	65,6	78,5	91,4
11	150	Matavfall	33	53	70	83,5	97,1
12	150	Matavfall	37	59	85,6	101,9	118,2
13	150	Matavfall	23	37	50	59,4	69

Tabell 1 Översikt över fordonsuppdrag, körsträckor och energiförbrukning.

Tabell 1 visar på att det med 150 kWh batteri fungerar väl även när energiförbrukningen är hög för samtliga fordon utom nr 12, som har det mest krävande fordonsuppdraget. En omplanering av rutterna är troligtvis en rimlig åtgärd och att föredra framför att utrusta fordonet med ett större batteri eller att ordna med tilläggsaddning.

Energiförbrukningen för de 2-axliga fordon som hämtar brännbart avfall illustreras i bild 1 nedan. Laddningen illustreras med de röda liggande staplarna och i exemplet startar laddningen omgående när fordonet parkerats i terminalen.



Bild 1 Fyra bilar som hämtar brännbart avfall. Bilarna har begränsad lastkapacitet, 4,7 ton.

NB. Körtider är teoretiska tider från Renovas planeringsprogram Route Smart som inte tar hänsyn till trafiksituation, problem i samband med hämtning eller variation i mängden avfall. Vissa pass som bilarna kör kan därför se väldigt korta ut men tar i verkligheten längre tid att utföra.

På samma sätt kan energiförbrukningen för de 3-axliga fordon som hämtar brännbart avfall illustreras i bild 2 nedan. Fordonen laddas här med 22 kW och är i scenariot färdigladdade efter ca 3 timmar.

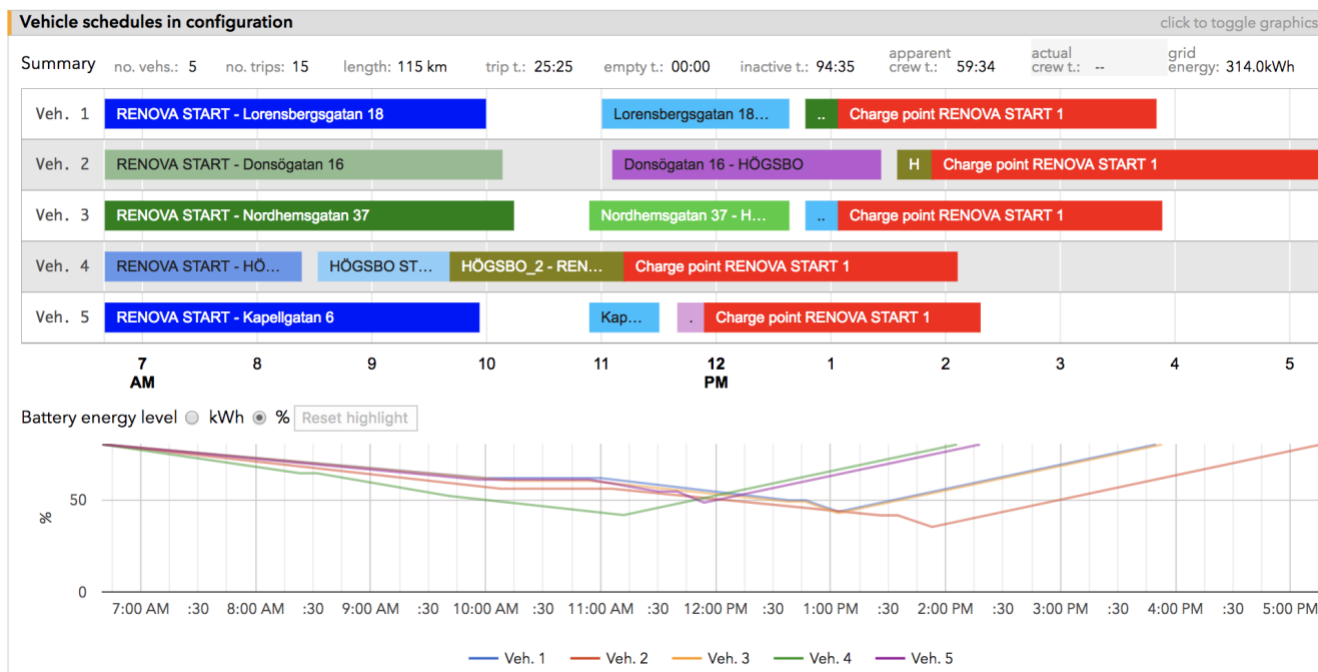


Bild 2 Fem 3-axliga bilar som hämtar brännbart avfall.

Motsvarande scenario för 2-axliga bilar som hämtar matavfall visas i bild 3 nedan.

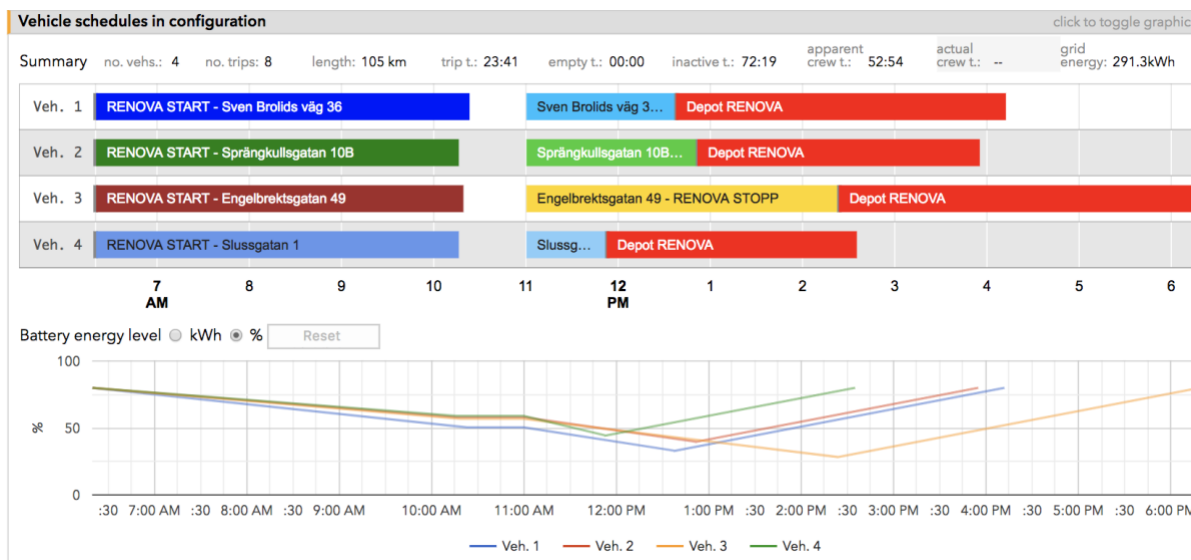


Bild 3 Fyra 2-axliga bilar som hämtar matavfall. Bilarna har en lastkapacitet motsvarande dagens fordon, 7 ton.

I analysen har rutternas för matavfall planerats i Route Smart för 2-axliga bilar med 7 tons lastkapacitet, vilket är ungefär vad dagens fordon kan lasta, och 4,7 ton för en elektrisk sopbil. Den begränsade lastkapaciteten med 4,7-tonsbilarna har ingen påverkan på körsträckor och tider för fordon 1 och 4 men kräver en extra tömning för bil 2 och 3. Detta påverkar SoC såväl som arbetspassets längd vilket kan utläsas i bild 3 och 4.



Bild 4 Fyra 2-axliga bilar som hämtar matavfall. Bilarna har begränsad lastkapacitet, 4,7 ton.

Analysen visar i det här fallet inga avgörande skillnader men tillräcklig lastkapacitet är en viktig faktor för en kostnadseffektiv avfallshämtning och underlättar arbetet. Med tiden bör det vara möjligt att tex genom förändrade påbyggnader och batterier med högre energidensitet kunna uppnå samma lastkapacitet som dagens fordon har.

Bild 5 visar alla 13 fordon tillsammans för en total uppskattning av den sammanlagda laddeffekt som krävs i terminalen.

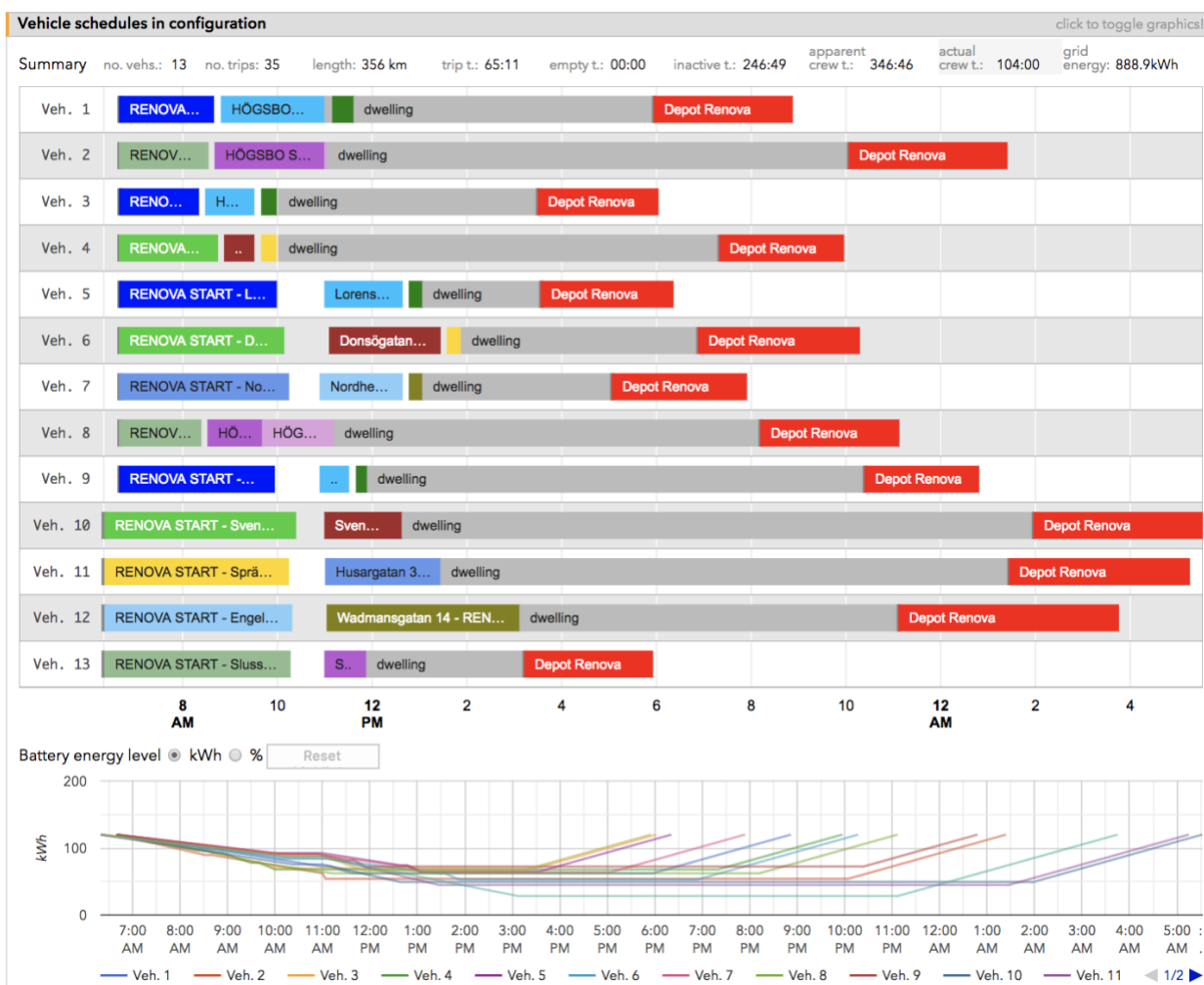


Bild 5 13 sopbilar som hämtar brännbart resp matavfall. Bilarna väntar med att ladda till efter 15.00.

Laddningen har här förskjutits i tid så att ingen bil börjar ladda förrän kl 15.00 för att efterlikna ett scenario där det tagit extra tid, tex på grund av svår trafiksituation eller stora avfallsmängder i samband med helger. Laddningen har förskjutits i tid för att jämna ut effektuttaget över tid.

NB. Körtider är teoretiska tider från Renovas planeringsprogram Route Smart som inte tar hänsyn till trafiksituation, problem i samband med hämtning eller variation i mängden avfall. Vissa pass som bilarna kör kan därför se väldigt korta ut men tar i verkligheten längre tid att utföra.

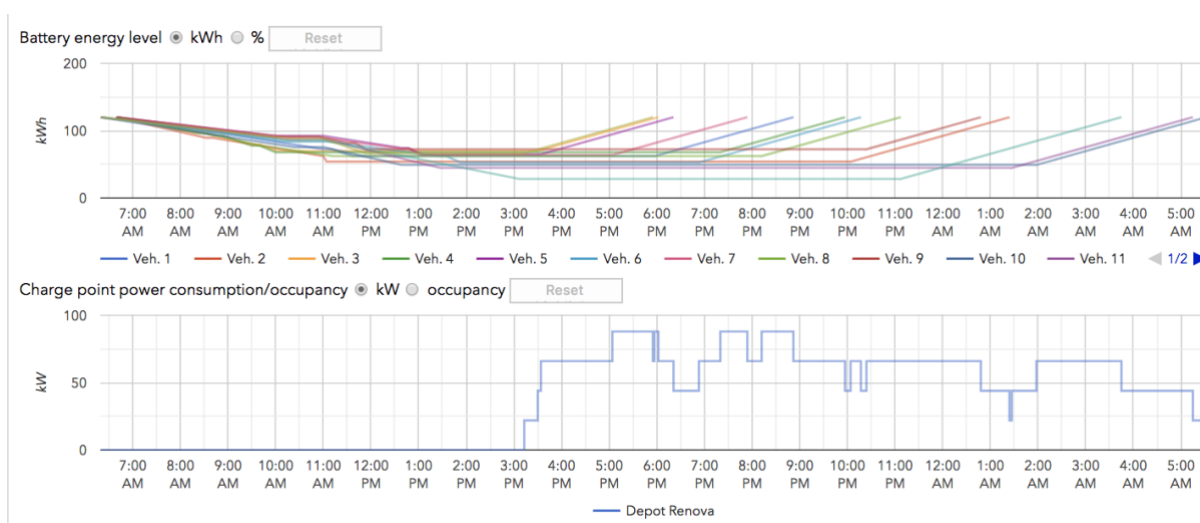


Bild 6 SoC-kurvor för 13 sopbilar överst och under, effektuttag med 13 x 22 kW och lastbalansering

Bild 6 ovan visar de 13 bilarnas laddnivå, State of Charge (SoC), och effektuttaget i Renovas terminal över tid. Som mest laddar 4 bilar och effektuttaget är begränsat till 88 kW. Alla bilar har laddat klart till nästa morgon. Dock kan energiförbrukningen variera med olika faktorer som väder, vikt, körsträcka och körstil. Det är därför lämpligt att räkna med att effektuttaget emellanåt kan bli betydligt högre.

4.1.3 Möjligheter till laddning på terminal

Göteborg Energi har undersökt förutsättningarna på Renovas terminal för att klara det ovan beskrivna scenariot med 13 elfordon och uppskattat att tillräcklig effekt finns framdraget till terminalen. Det normala arbetssättet för att säkerställa att önskad effekt kan tas ut från en elcentral består av nedan steg.

- (1) Anläggningsägaren behöver känna till nuvarande effektuttag från elcentralen. Om mätning saknas kan en elektriker ansluta utrustning som mäter effektuttaget under en period.
- (2) Anläggningsägaren bedömer maximala effektkapaciteten i elcentralen och matningen från närmaste nätstation eller abonnemang.
- (3) Skillnaden mellan maximal kapacitet och nuvarande maximala effektuttag utgör tillgängligt effektutrymme för laddning eller annan verksamhet.

För att tillåta längre arbetspass föreslås minst 13 st anslutningspunkter à max 22 kW. Sannolikt behövs minst en ytterligare i reserv. Varje anslutningspunkt bör även vara förberedd för lastbalansering ”i molnet” via 3G-modem för att inte ha ett onödigt högt effektbehov om samtliga fordon är inkopplade samtidigt. Effektbehovet om laddningen är jämnt fördelad över den tillgängliga laddtiden uppgår till 88 kW men om skulle kunna uppgå till 286 kW om alla fordon laddade med maximal effekt samtidigt. Molntjänsten ger också möjlighet till övervakning och viss felavhjälpning online med högre produktivitet som resultat.

För att hålla nere kostnaden bör Renova välja standardiserad laddutrustning och system. I dagsläget består denna standard i laddare med 22 kW växelström per uttag och kontakt Typ 2 (vilket används på elsopbilarna) samt lastbalansering mellan installerade laddare samt möjlighet till internetanslutning via standardprotokollet OCPP (Open Charge Point Protocol). Det finns flera andra laddarefabrikat med motsvarande specifikation. Normalt sett har laddare 2 uttag per laddare för att möjliggöra laddning

från 2 bilar samtidigt. Såsom elsopbilarna parkeras då de laddas kan endast ett ladduttag per laddare användas samtidigt för laddning.

Varje elsopbil ansluts till en laddare, totalt 13 st laddare. Dessa 13 laddare är sammankopplade i ett nätverk via ethernet.

Lastbalansering syftar till att fördela tillgänglig effekt eller ström till de lastbilar som för tillfället laddar. Lastbalanseringssystemet programmeras till att få tillåtelse att utnyttja en viss maximal effekt, t.ex. 80 kW. Antag att samtliga 10 lastbilar ansluts samtidigt och önskar maximal laddeffekt. Lastbalanseringssystemet kommer då att träda in och fördela ca 8 kW till varje laddare. I takt med att elsopbilar blir färdigladdade kommer lastbalanseringssystemet att omfördela effekten till de bilar som fortfarande har ett laddbehov. Lastbalansering är alltså ett sätt att begränsa totala effektuttaget samtidigt som laddbehovet tillgodoses under den tid som bilarna planeras att inte användas. Ett stort antal laddare kan anslutas till nätverket efterhand som behovet av laddning ökar. Den maximala effekten som lastbalanseringssystemet kan utnyttja kan ändras när laddbehovet förändras.

Det finns lastbalanseringsteknik som kräver anslutning till molntjänst samt teknik som fungerar som fristående, sk. offlinelösning. En fördel med en fristående, offline-lösning är att månadskostnaden för en molntjänst undviks. Det finns flera fördelar med att ansluta laddarna till en internetbaserad molntjänst (t.ex. Incharge). Laddarna blir tillgängliga via en internetportal som möjliggör viss service såsom mjukvaruuppgradering, omstart och felsökning. Molntjänsten skickar larm och felrapportering via mail. Användaren får statistik tillgänglig via internetportalen. Med en molntjänst har man möjlighet att öka laddarnas tillgänglighet och produktivitet.

Alternativet till lastbalansering är att dimensionera elanslutningen efter summan på samtliga laddares maximala kapacitet. Vilket motsvarar $13 \text{ st} * 22 \text{ kW} = 286 \text{ kW}$. Med denna högre effekt kommer Renova sannolikt att överbelasta sitt elnät samt bidra till onödigt hög effektkostnad. Denna lösning är därför ej aktuell.

4.1.3.1 Snabbladdning

Ett alternativ till att endast ladda i terminal med 22 kW skulle kunna vara att snabbladda mitt på dagen, tex i samband med lunch. Detta skulle förmodligen ha ett par negativa konsekvenser. Exempelvis skulle det innebära ett mer sårbart system då samtliga fordon är beroende av att en eller ett fåtal laddare ska vara i drift och vara lediga. Dessutom skulle planeringen på dagsbasis bli mindre flexibel och kanske mindre effektiv om varje fordon fick ett bestämt tidsfönster då det var tvunget att åka till en viss plats och ladda. Det skulle förmodligen också innebära en försämring för förarna om de inte fick välja lunchrestaurang och inte ha möjlighet att luncha med kollegor. Den minskade kostnaden för fordonens batterier, vilket skulle anledningen till att införa snabbladdare, behöver väga upp den ökade kostnaden för infrastrukturen.

Snabbladdning i närheten av depån skulle kunna vara ett användbart komplement för att snabbt kunna ladda ett fordon som exempelvis av någon anledning inte laddats under natten eller som tillfällig lösning vid oförutsedda händelser. Ett relevant exempel är i det fall ett fordon snabbt behöver köras till verkstad för att hinna repareras i tid till nästa dag. I sammanhanget bör nämnas att Göteborg Energi projekterar en laddstation vid Falutorget direkt utanför Renovas terminal avsedd att användas för tunga fordon och taxibilar.

Det kan också vara motiverat att etablera en extern snabbladdstation tex i närheten av Renovas tömningsplats i Högsbo för att göra systemet mer robust mot störningar, tex i samband med extra

tömningar som resultat av större avfallsmängder vid helger. För att denna installation ska vara ekonomiskt försvarbar bör den kunna utnyttjas av andra typer av tjänstefordon, tex taxi, som har ett mer regelbundet behov av att snabbt kunna ladda på dagen. Laddstationen behöver därför inte ligga exakt vid tömningsplatsen. En lämpligare plats skulle därvid kunna vara i närheten av köpcentret 421 där det finns matställen och annan service som Renovas personal skulle kunna dra nytta av i samband med laddning.

4.1.4 Ekonomisk jämförelse

Baserat på analyser av energiförbrukning, storlek på energilager samt val av laddinfrastruktur har en ekonomisk analys gjorts där kostnaden för de olika alternativen har beräknats och jämförts med att utföra motsvarande transportuppdrag med konventionella bilar som körs på HVO eller biogas.

Samhällsekonomiska kostnader för buller, emissioner och arbetsmiljö har inte tagits med i beräkningarna.

4.1.4.1 Investeringsbehov och årliga kostnader - lång sikt

Nedan redovisas investeringsbehov för tre olika fall:

1. 13 sopbilar som körs på HVO
2. 13 sopbilar som körs på biogas
3. 13 sopbilar som körs på el och laddas med 22 kW på terminal

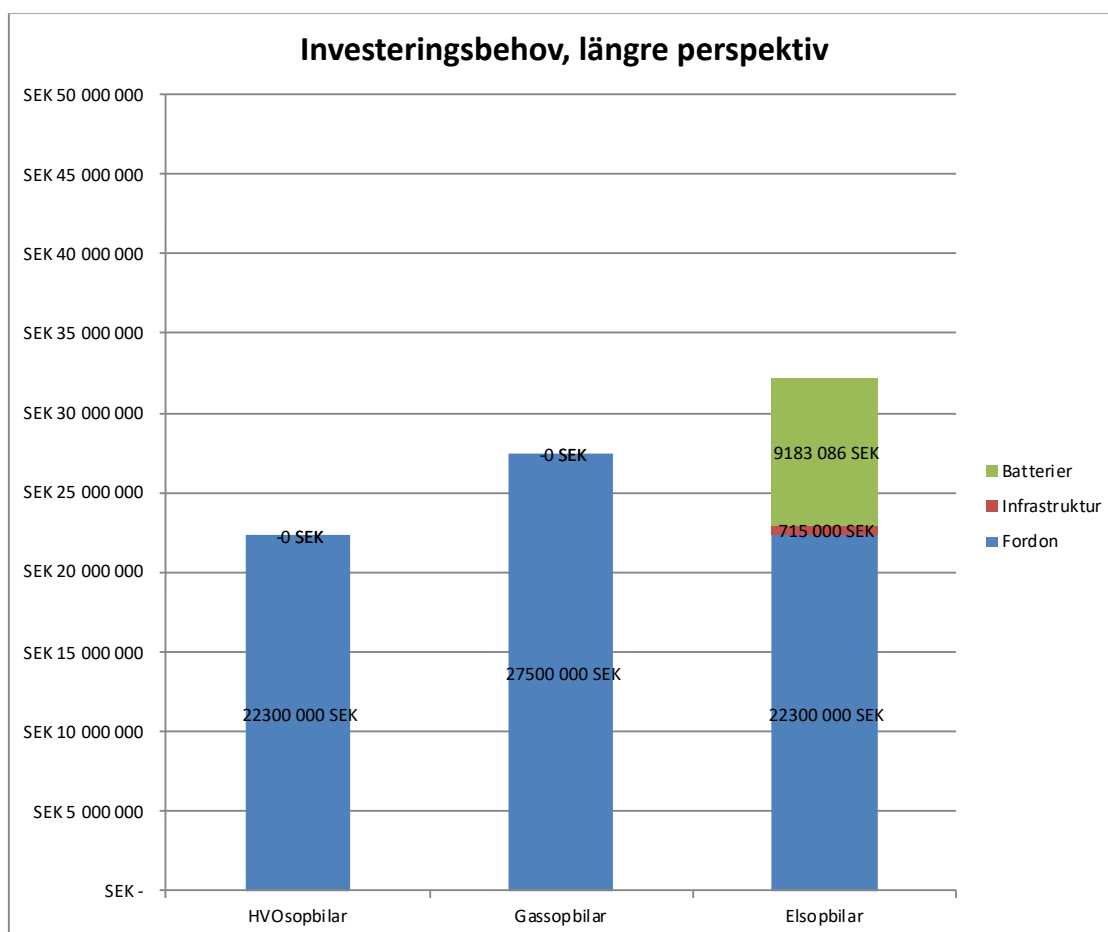


Diagram 1 Investeringsbehov - lång sikt HVO och biogas jämfört med el

Notera att priser på elfordon och batterier är inhämtade från offentliga källor och ej från tillverkare. Priserna är uppskattningar för 2018 samt för ca 2023. Priset på batterier (SEK/kWh) har historiskt fallit kontinuerligt men är svårt att förutsäga.

Ett elektriskt fordon är en enklare konstruktion än ett konventionellt fordon och priset för ett elektriskt fordon, exklusive batteri, bör med ökade produktionsvolymerna närma sig eller till och med bli lägre än priset för ett konventionellt fordon inklusive förbränningsmotor. Initialt är priset betydligt högre. För enkelhetens skull har vi antagit att ett elfordon inklusive batteri på kort sikt kostar dubbelt så mycket som ett konventionellt fordon.

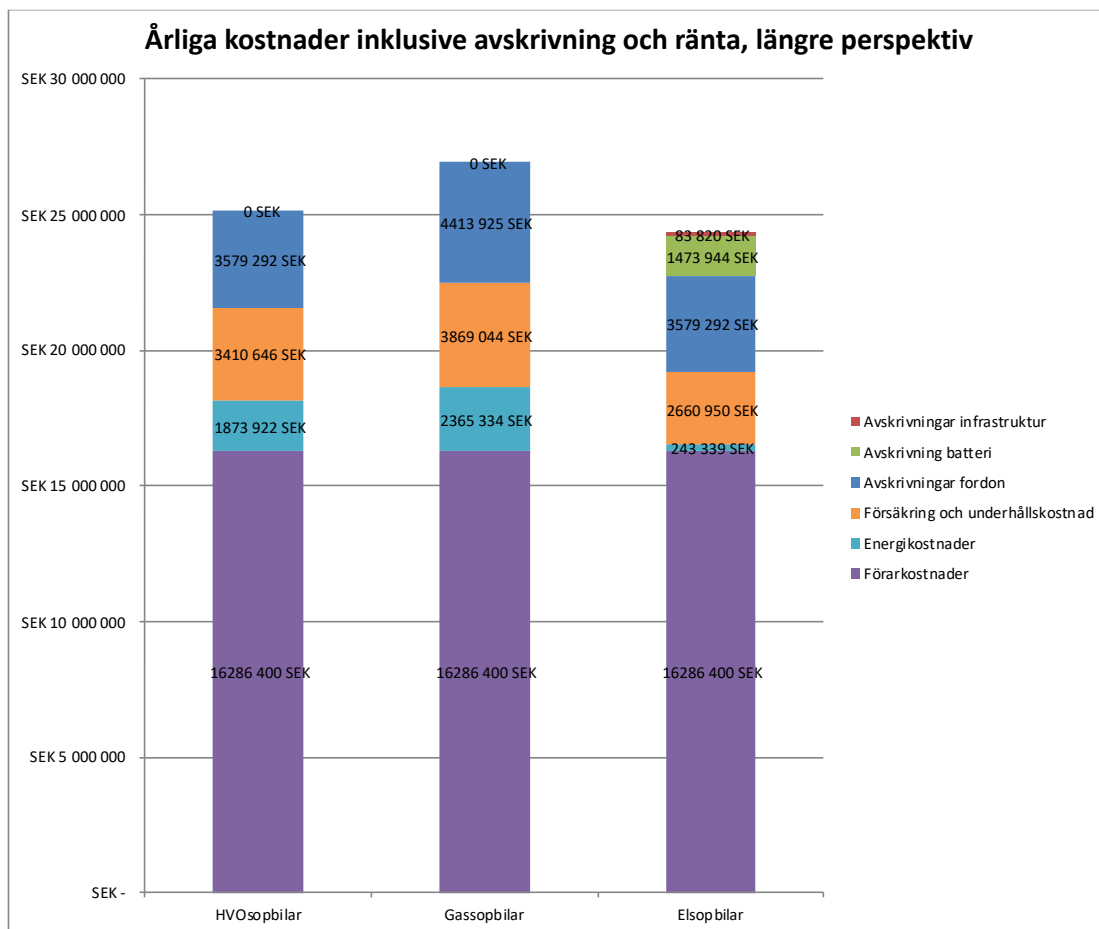


Diagram 2 Årliga kostnader - lång sikt för el jämfört med HVO och biogas

För beräkning av årliga kostnader i det längre perspektivet har följande antaganden gjorts:

- Priser på HVO- och gasbilar antas på lång sikt vara samma som idag
- Priset på en elsopbil exklusive batteri antas vara i paritet med priset på en HVO-bil
- Priset på batterier utgår från 6000 SEK/kWh i 2018 och förväntas minska med 7% per år i 5 år
- Avskrivningstider är 7 år för fordon och batterier, 10 år för laddinfrastruktur

Priset på HVO förväntas öka kraftigt jämfört med dagens nivåer. En fördubbling är inte otänkbar med tanke på att bränslet idag inte beskattas på samma sätt som diesel och därmed påverkas mer direkt av tillgång och efterfrågan.

4.2 ELDIS - DB Schenker - Terminalutformning

Studien har avgränsats till DB Schenkers distribution av stycke gods i Stockholms innerstad, ett område som avgränsas av stadstullarna.

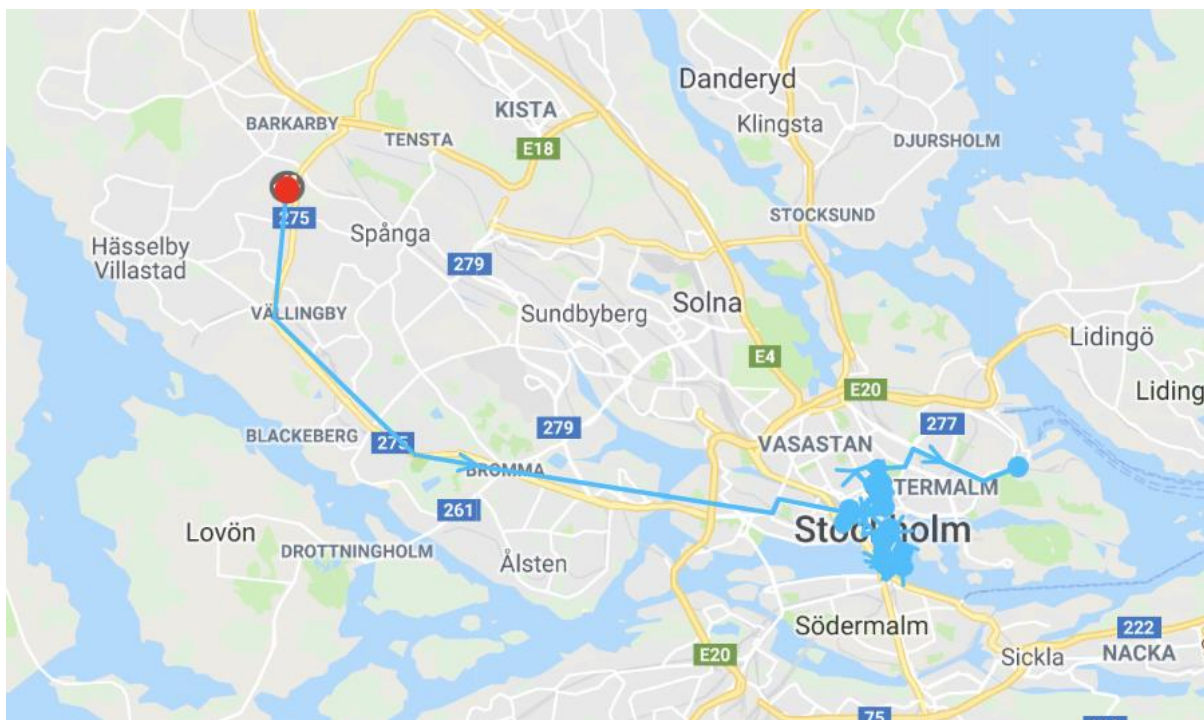


Bild 7 Bilden visar en typisk rutt från Schenkers terminal till Stockholms innerstad.

4.2.1 Nulägesbeskrivning

Den fordonsflotta som inkluderats i studien är dedikerad till Stockholms innerstad och är fördelad på olika områden baserat på efterfrågad volym till respektive område, till exempel Södermalm och Östermalm. Fordonsflottan som analyserats består av 12 fordon av 2-axlig typ med en lastförmåga på max 7-8 ton, utvalda efter följande egenskaper:

- Liknande fordonsspecifikationer
- Liknande transportuppdrag från dag till dag
- Verksamma innanför tullarna på dagsbasis

Alla fordon utgår från DB Schenkers terminal i Spånga, där de lastar och lossar godset. Fordonen avgår från terminalen från tidig morgon till en bit in på förmiddagen, varje fordon har en förutbestämd avgångstid att förhålla sig till. De flesta fordonen utför både leveranser och hämtningar under ett arbetspass, men vissa bilar utför bara leveranser och återvänder då till terminalen under arbetspasset för att hämta mer gods.

Kunduppdragen varierar från dag till dag, vilket innebär att också rutterna varierar från dag till dag inom det område till vilket fordonet är dedikerat. Den analys som gjorts baseras därför på redan genomförda uppdrag som kan anses typiska för verksamheten.

Körsträckorna varierar mellan ca 50-80 km. Ett innerstadsfordon kan även utföra transportuppdrag utanför innerstaden i samband med att det körs tillbaka till terminalen, vilket medför en längre körsträcka.

Chaufförens arbetspass följer kör- och vilotider enligt upprättad lag och är generellt sätt nio timmar inklusive en timmes lunch, som genomförs på lämpligt ställe med hänsyn till fordonets position, tillgången till restauranger samt leveranspunkter för kvarvarande transportuppdrag.

När fordonet är tillbaka vid terminalen lastas gods av innan fordonet parkeras. En stor andel av fordonen står uppställda lång tid i lastporten.

4.2.2 Energiförbrukning vid en elektrifiering

I tabellen nedan visas 3 olika scenarier för fordonens energiförbrukning, låg, medel och hög.

Uppskattningarna av energiförbrukningen är teoretiska men bygger på antaganden som anses rimliga.

Distribution BEV 14t 150kWh								Energibehov (kWh) utan waypoints		
Fordon	Typrutt		trip t.:	inactive t.:	apparent crew t.:	no. trips:	length:	Låg	Medel	Hög
1, 150kWh	Standard	Lämna-hämta, saknar lunchpaus	09:40	14:20	09:40	1	49 km	46,5	61,2	76
2, 150kWh	Standard	Lämna-hämta	08:21	15:39	08:59	2	57 km	53,7	69,9	86,2
3, 150kWh	Standard	Lämna-hämta	06:10	17:50	06:46	2	53 km	52,2	67,6	82,9
4, 150kWh	Standard	Lämna-hämta	06:39	17:21	07:19	2	52 km	51,9	67,3	82,7
5, 150kWh	Standard	Lämna-hämta	06:27	17:33	07:22	2	61 km	66	85	104,1
6, 150kWh	Dubbel	Lämna-lämna	07:33	16:27	08:19	3	82 km	78,4	100,9	123,5

Tabell 2 Körsträckor, tider och energiförbrukning för ett antal typrutter

Tabellen visar på att det med 150 kWh batteri fungerar relativt väl så länge som energiförbrukningen är låg till måttlig. Även i de fall som energiförbrukningen blir högre än normalt kommer fordon 1-5 att kunna fullgöra sina respektive uppdrag. Fordon nr 6 kör 2 gånger från terminalen i Spånga och har det mest krävande fordonsuppdraget. För detta fordon krävs troligen ett större batteri, 200 kWh, eller tilläggsaddning, tex i terminalen i samband med omlastning.

4.2.3 Möjligheter till laddning på terminal

Energiförbrukningen per fordon bestämmer behovet av laddning på terminalen. I följande två scenarier har vi utgått från att laddning kan ske när fordonen står parkerade i porten för lastning. Tillgänglig tid för laddning bestämmer effektbehov. Tabell 4 visar på 4 typiska, alternativa laddeffekter.

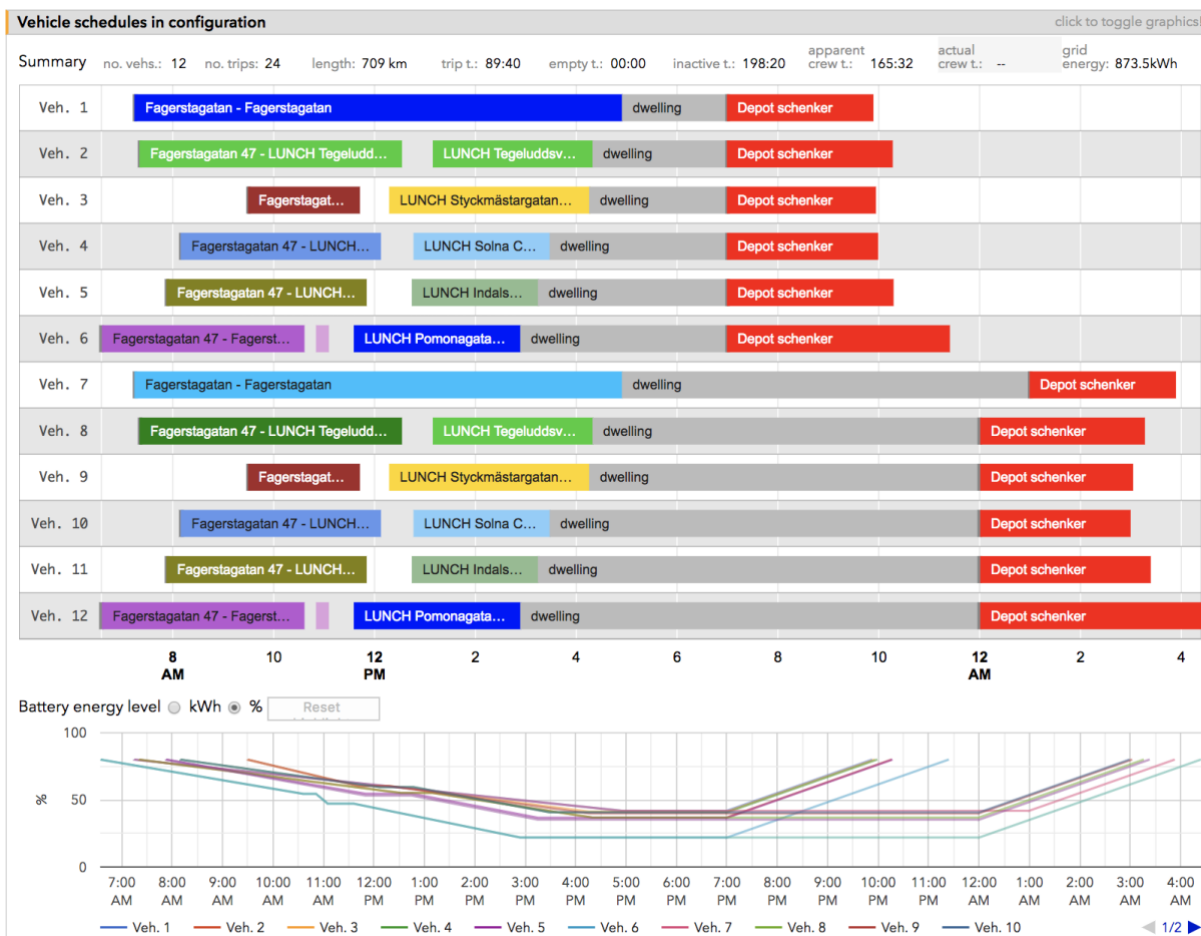
Uttag	Ansluten spänning	Strömmatning	Laddeffekt	Kommentar
3-fas växelström (AC)	400 V	16 A	11 kW	AC/DC-omvandlare/laddare ombord fordon
3-fas växelström (AC)	400 V	32 A	22 kW	AC/DC-omvandlare/laddare ombord fordon
Likström (DC) CCS	150-950 VDC	Max 125 A	50 kW	Enligt <i>ABB Specifikation</i> AC/DC-omvandlare i laddstation
Likström (DC) CCS	150-850 VDC	Max 250 A	150 kW	Enligt <i>ABB Specifikation</i> AC/DC-omvandlare i laddstation

Tabell 3 Långsam och snabbbladdningsalternativ

I den fortsatta analysen har vi räknat med ett alternativ med långsam laddning 22 kW samt ett snabbbladdningsalternativ på 150 kW.

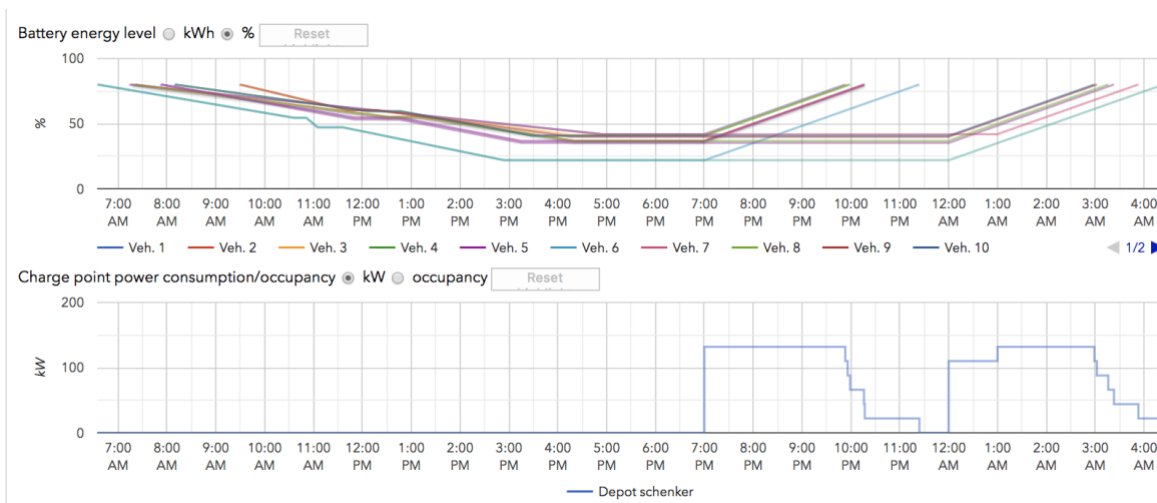
4.2.3.1 Långsam laddning, 22 kW

Figur 4 nedan visar 12 fordon där 6 fordon laddar i taget för att enkelt balansera effektuttaget på terminalen. State of Charge (SoC)-kurvorna visar att bil 6 och 12 ligger lägre än övriga fordon. För dessa krävs antingen ett större batteri, 200 kWh, eller tilläggs-laddning, tex i terminal i samband med omlastning.



Figur 4 12 bilar, laddning med 22 kW, enkel balansering. Halva flottan laddar från 19.00, andra halvan från 24.00

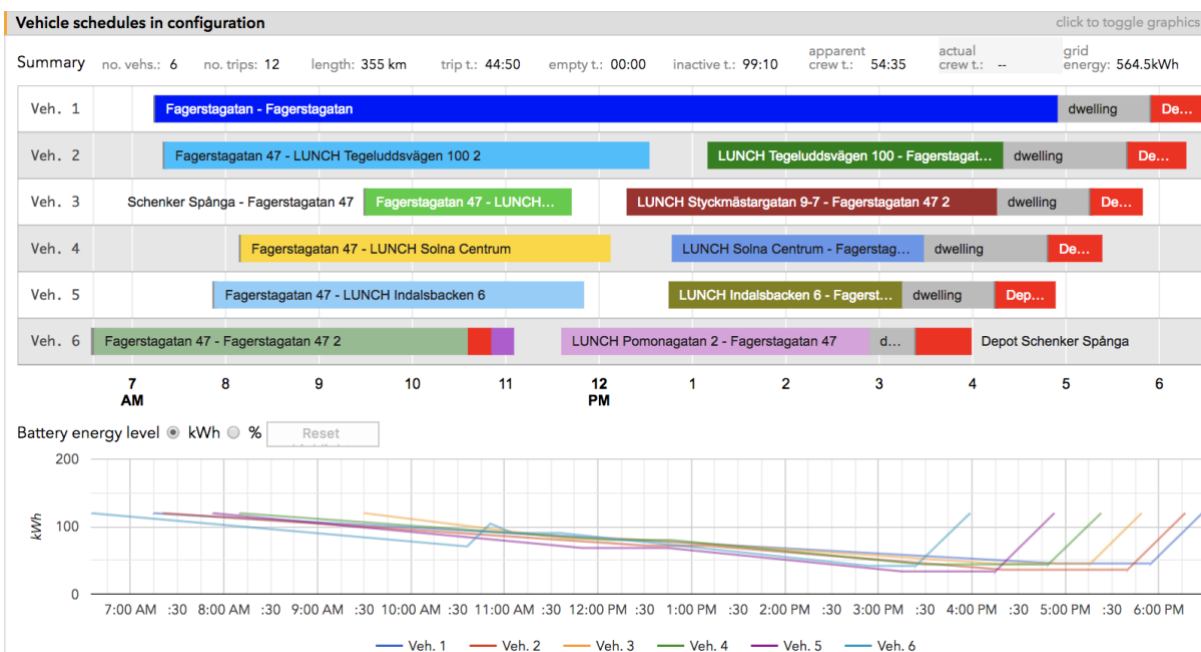
Effektbehovet uppgår till $6 \times 22 \text{ kW} = 132 \text{ kW}$. Teoretiskt kan det räcka med lägre totaleffekt om är laddningen balanseras optimalt eller om fordonen kan ställas upp för laddning tidigare på eftermiddagen.



Figur 5 Effektuttag vid laddning med 22 kW i två omgångar med 6 fordon i taget.

4.2.3.2 Snabbladdning 150 kW

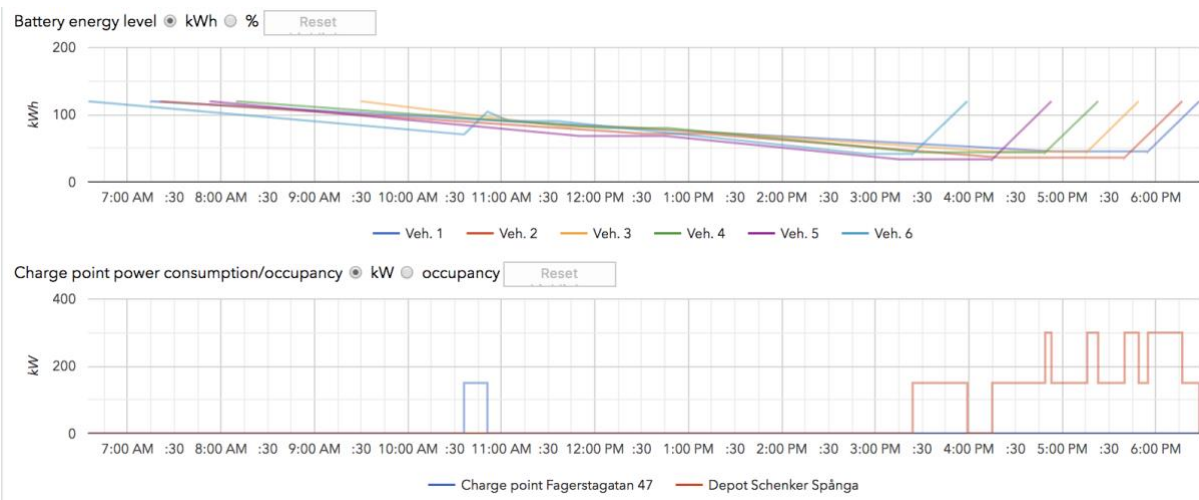
Figur 6 nedan visar hur 6 fordon snabbladdas med 150 kW i port eller på annan plats på terminalen efter att först ha lastat av eventuell last i port. State of Charge (SoC)-kurvorna visar att bil 6 efter det första uppdraget och i samband med omlastning på terminalen utnyttjar möjligheten att snabbladda.



Figur 6 6 distributionslastbilar med efterföljande snabbladdning med 150 kW. Bil 6 snabbladdas dessutom strax före 11.00.

Kostnaden för att snabbladda är högre än med långsamladdning och kräver högre installerad effekt på terminalen. Om det är möjligt att som i fallet ovan styra/sekvensera laddningen kan det totala

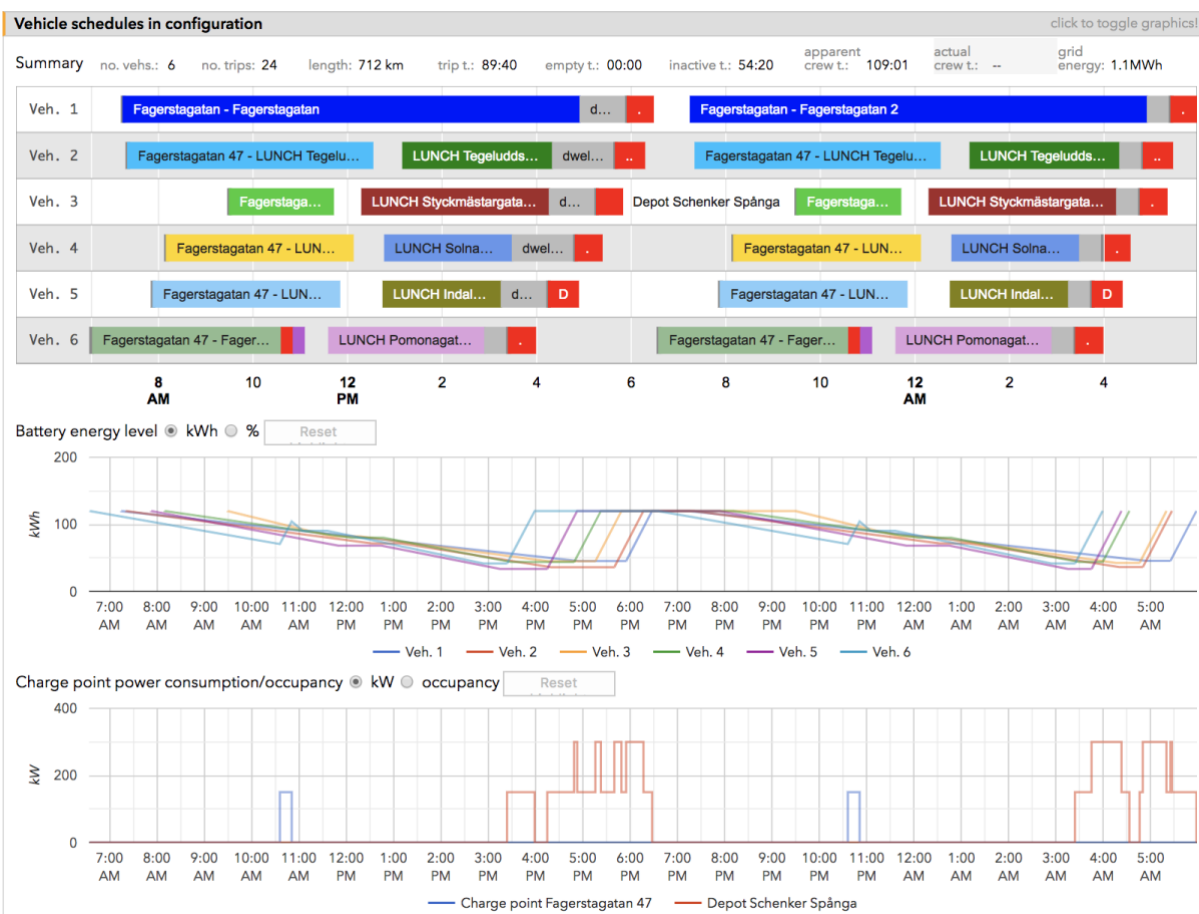
effektuttaget begränsas. Figuren xx visar att 2 fordon laddar samtidigt vilket ger ett effektuttag på 300 kW. Troligtvis kräver detta en utökning av den anslutna effekten till Schenkers terminal i Spånga.



Figur 7 Effektuttag i terminal. 2 fordon laddar samtidigt med 150 kW vardera, se staplar till höger i bild.

4.2.3.3 Ökat fordonsutnyttjande

Snabbladdning innebär en högre investering men också andra möjligheter till ökat utnyttjande av fordon. Figur 8 nedan visar hur 6 fordon körs i 2-skift.



Figur 8 Distributionsbilar i 2-skift, fordonsuppdrag över tid, SoC-nivåer och effektuttag i terminal

4.2.4 Ekonomisk jämförelse

Baserat på analyser av energiförbrukning, storlek på energilager samt val av laddinfrastruktur har en ekonomisk analys gjorts där kostnaden för de olika alternativen har beräknats och jämförts med att utföra motsvarande transportuppdrag med dieseldrivna bilar som körs på HVO.

Samhällsekonomiska kostnader för buller, emissioner och arbetsmiljö har inte tagits med i beräkningarna.

4.2.4.1 Investeringsbehov och årliga kostnader - lång sikt

Nedan redovisas investeringsbehov för fyra olika fall:

1. 12 distributionsbilar som körs på HVO
2. 12 distributionslastbilar som körs på el och laddas med 22 kW på terminal
3. 12 distributionslastbilar som körs på el och laddas med 150 kW på terminal
4. 6 distributionslastbilar som körs på el, laddas med 150 kW och kör 2-skift

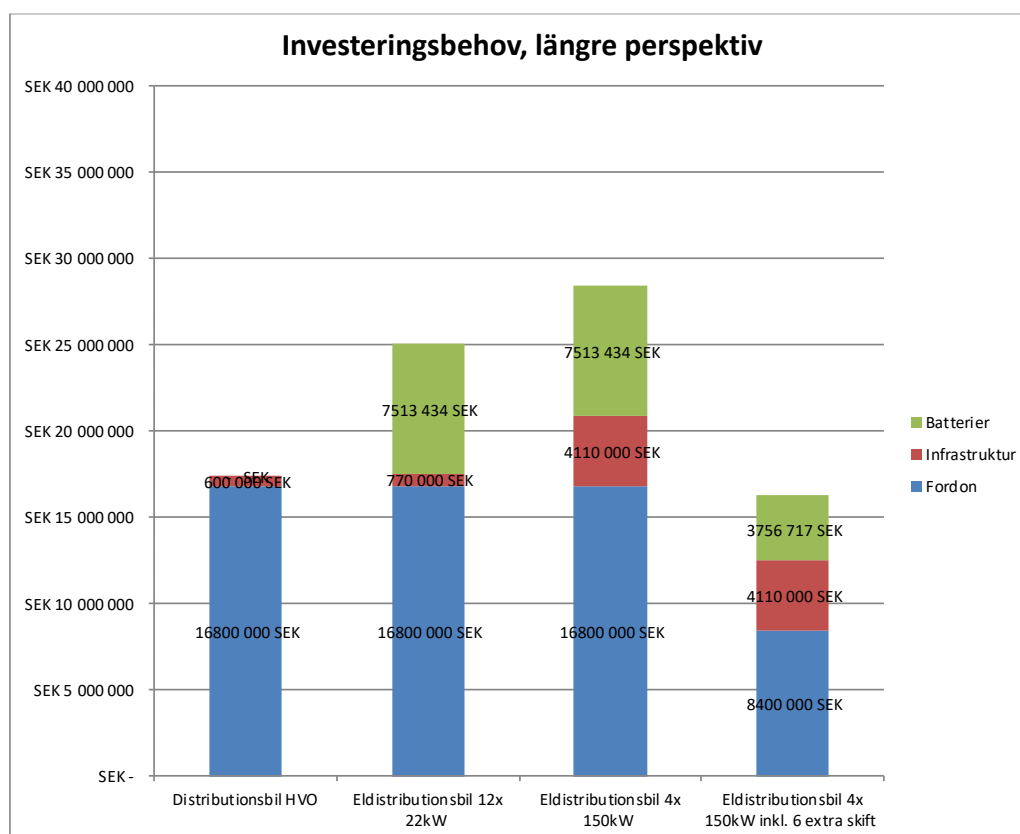


Diagram 3 Investeringsbehov - lång sikt för fyra olika fall

För beräkning av investeringsbehov i det längre perspektivet har följande antaganden gjorts:

- Priset på en HVO-bil antas på lång sikt vara samma som idag
- Priset på en eldistributionsbil exklusive batteri antas vara i paritet med priset på en HVO-bil
- Priset på batterier utgår från 6000 SEK/kWh i 2018 och förväntas minska med 7% per år i 5 år

Notera att priser på elfordon och batterier är inhämtade från offentliga källor och ej från tillverkare. Priserna är uppskattningar för 2018 samt för ca 2023. Priset på batterier (SEK/kWh) har historiskt fallit kontinuerligt men är svårt att förutsäga.

Ett elektriskt fordon är en enklare konstruktion än ett konventionellt fordon och priset för ett elektriskt fordon, exklusive batteri, bör med ökade produktionsvolymerna närma sig eller till och med bli lägre än priset för ett konventionellt fordon inklusive förbränningsmotor. Initialt är priset betydligt högre. För enkelhetens skull har vi antagit att ett elfordon inklusive batteri på kort sikt kostar dubbelt så mycket som ett konventionellt fordon.

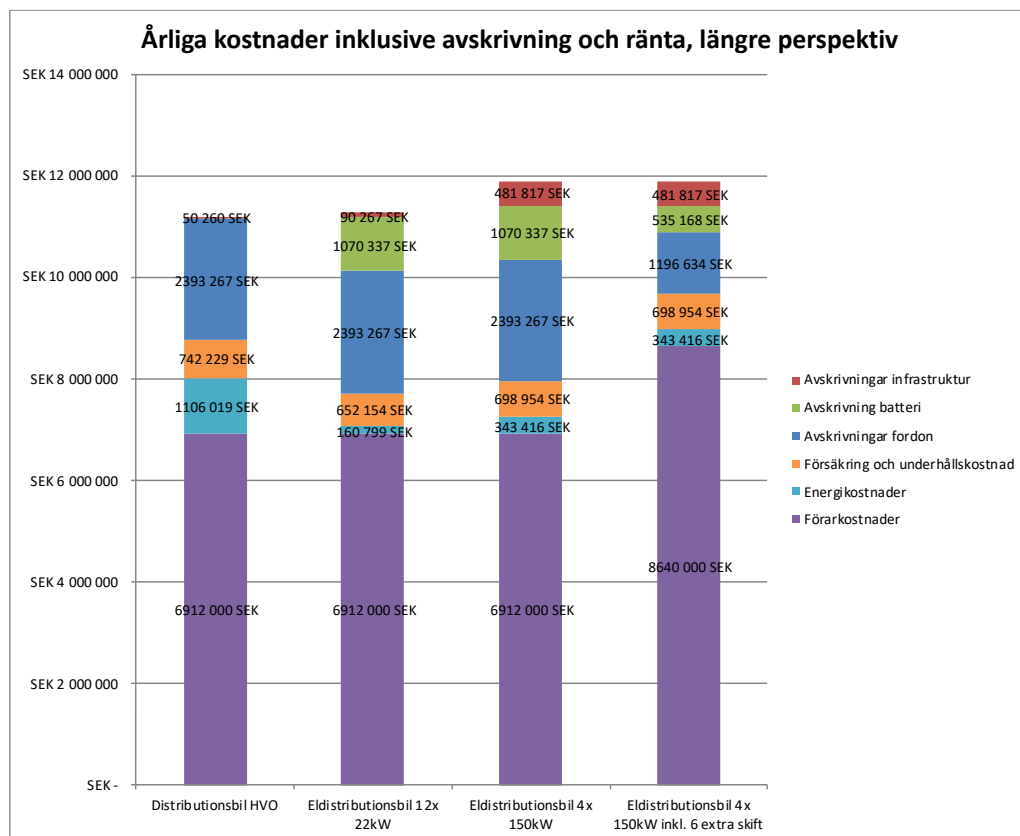


Diagram 4 Årliga kostnader - lång sikt för fyra olika fall

För beräkning av årliga kostnader i det längre perspektivet har avskrivningstider på 8 år tillämpats för fordon och batterier och 10 år för laddinfrastruktur. Priset på HVO förväntas öka kraftigt jämfört med dagens nivåer. En fördubbling är inte otänkbar med tanke på att bränslet idag inte beskattas på samma sätt som diesel och därmed påverkas mer direkt av tillgång och efterfrågan.

På lång sikt uppskattas de årliga kostnaderna för elfordon vara i paritet med HVO-fordon.

Årliga kostnader ökar med en laddinfrastruktur med en högre effekt. En investering i snabbladdning, 150 kW eller motsvarande kan bli aktuell för att möjliggöra ett högt fordonsutnyttjande men är i detta scenario inte motiverad.

Förarkostnaderna ökar i ett transportupplägg med två skift per dygn då extra ersättning utgår vid körningar på kvälls- och nattetid och förarkostnaderna och kostnaderna för laddinfrastruktur med högre effekt ökar mer än besparingarna av ett ökat fordonsutnyttjande. Notera dock att hänsyn ej har tagits till att leveranser under kvälls- och nattetid skulle kunna ha en högre effektivitet, t.ex. p.g.a.

mindre trängsel i innerstadstrafiken, vilket skulle kunna innebära att samma transportarbete utförs på kortare tid och därmed inte ökar förarkostnader i den utsträckning som beräkningarna visar.

4.3 ELDIS - COOP - Färskvarudistribution

Den del av studien som avser Göteborg har avgränsats till COOPs distribution av färskvaror enligt bild 8 nedan vilket innebär alla COOPs butiker inom en radie av 20 km från Göteborgs centrum. Målet med valet av geografiskt område var att studien enbart skulle inkludera de av COOPs butiker som låg i stadsmiljö.



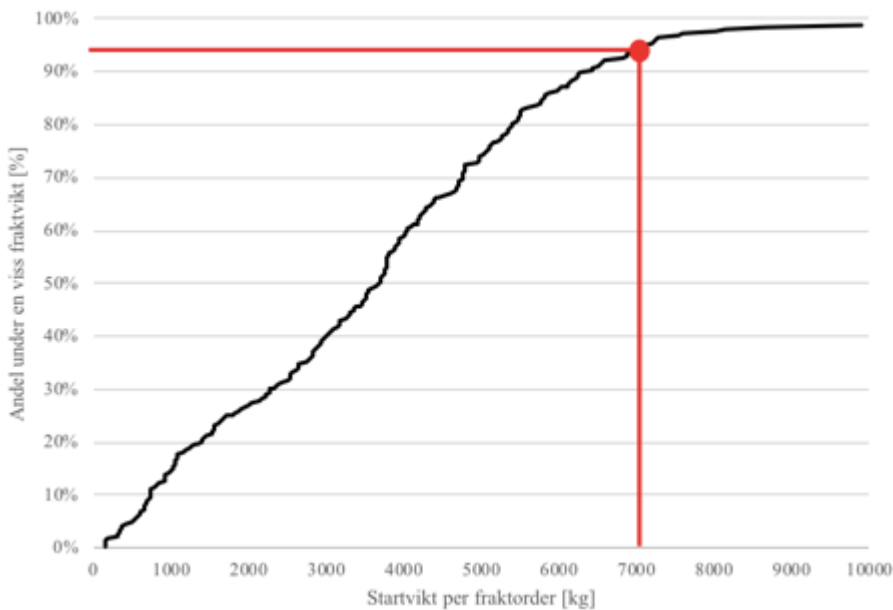
Bild 8 Geografiskt område som omfattas av analysen. Radie 20 km från Göteborgs centrum.

4.3.1 Nulägesbeskrivning

COOPs färskvaror levereras nattetid till en terminal i Bäckebo där det lastas om och körs ut till butiker i Göteborgsområdet med lastbil. Ett lokalt åkeri TGM utför dessa transporter i BD Schenkers regi för COOPs räkning. Distributionen av varor samordnas med annat transportarbete som åkeriet gör för COOP eller annan transportköpare. Från butikerna körs i retur, skräp, pantburkar, lastpallar och liknande.

4.3.1.1 Payload - lastkapacitet

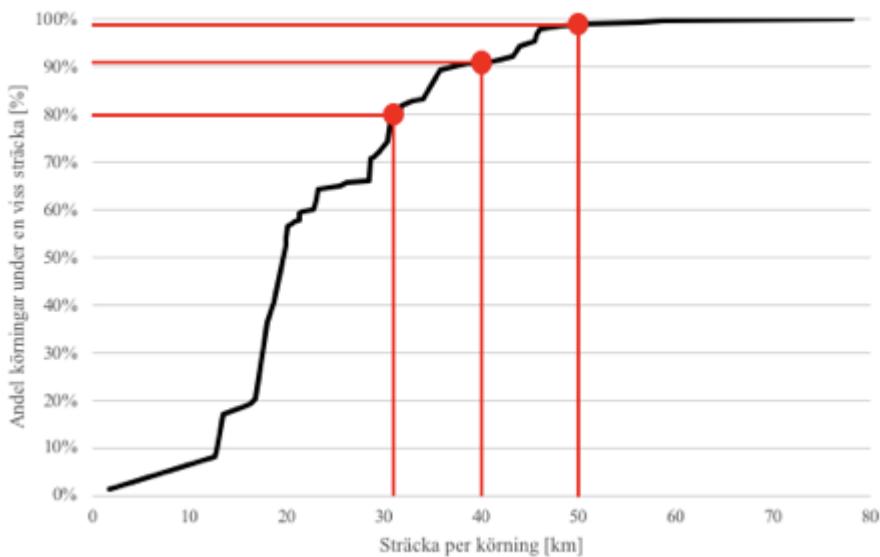
De dieseldrivna lastbilarna som används av transportören i dagsläget har en maximal lastkapacitet på sju ton. Figur 9 visar att 95 procent av alla fraktorder har startvikter under sju ton och 75 procent av alla transporter har startvikter som underskrider fem ton för de tre veckor som undersökts. I de flesta fall är fraktvikten betydligt lägre och därför samlas fraktorder för att uppnå god fyllnadsgrad. Det är oftast volym eller golvarea som begränsar hur mycket lastbilen kan ta med.



Figur 9 Kumulativ fördelningsfunktion över planerade startvikter per fraktorder. Markeringen visar den procentuella andelen av fraktvikterna som understiger 7 ton.

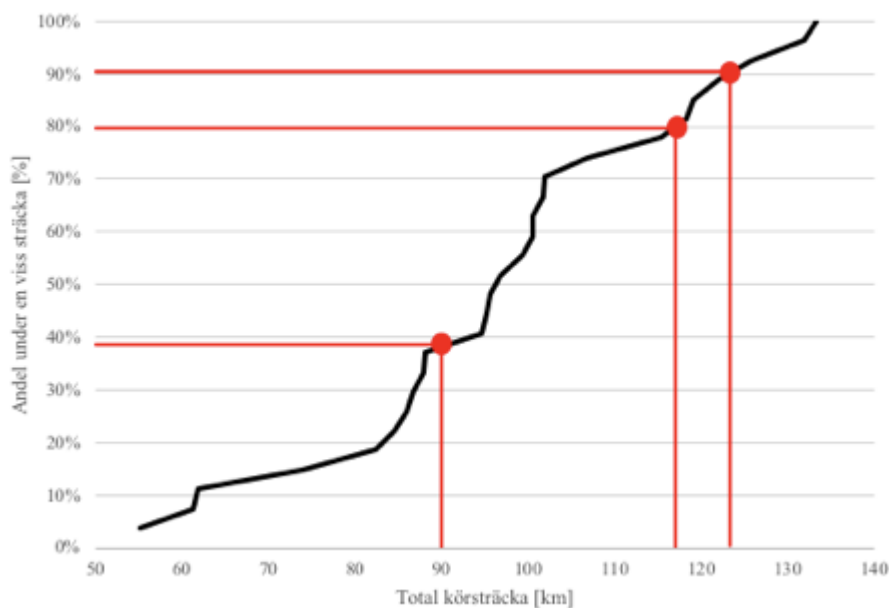
4.3.1.2 Dagliga körsträckor

En kartläggning av körsträckornas längd per fraktorder visar att de flesta turer är kortare än 50 km, se figur 10 nedan.



Figur 10 Kumulativ fördelningsfunktion över körsträckornas längd per fraktorder under tre för systemet representativa veckor. Markeringarna visar vilken procentuell andel av körningarna som är under en viss sträcka.

Figuren är dock vilseledande och innebär inte att mediankörsträckan är drygt 20 km. Genom att flera fraktorder samlas blir den reala körsträckan betydligt längre vilket åskådliggörs i figur 11.



Figur 11 Kumulativ fördelningsfunktion över körsträckor per fraktorder för en standardiserad exempelvecka för de distributionsfordon som fraktar gods åt Coops butiker i Göteborgsområdet. Markeringarna visar de identifierade minimikraven i termer av total körsträcka.

Figur 11 är en illustration av andelen dagliga transportsträckor som är kortare än ett visst kilometertal. Med den dagliga transportsträckan avses den sträcka som en lastbil kör under ett dygn. De data som ligger till grund för denna sammanställning avser de transporter som går till Coops butiker i Göteborgsområdet samt vad fordonen används till under resterande del av dygnet. Distributionssystemet är byggt på att lastbilarna nästan alltid kör transporter till Coop under morgon och förmiddag för att resterande del av dagen köra distribution åt andra kunder. Faktum är att ungefär 85 procent av antalet dagliga körsträckor som studien har tagit del av innefattar andra kunder än Coop. Ungefär hälften av den totala körsträckan för alla lastbilar utgörs av distribution till Coops butiker.

4.3.1.3 Jämförelse Göteborg - Stockholm

Situationen i Stockholm är i stort sett densamma som i Göteborg både vad avser körsträckor och fraktvikter. Tabell 5 nedan visar dock att sträckorna för de enskilda rutterna i Stockholmsområdet verkar vara något kortare än rutterna i Göteborgsområdet. Andelarna 50, 90 och 99 procent av sträckorna är alla cirka 20 procent kortare för distributionssystemet i Stockholm än i Göteborg. Dessutom är den längsta sträckan för Stockholmsområdet är nästan hälften så lång som i Göteborg.

Andel sträckor [%]	Sträcka Stockholm [km]	Sträcka Göteborg [km]
50	16	20
90	31	40
99	40	50
100	43	78

Tabell 4 Andel i % av de enskilda sträckorna i Stockholm respektive Göteborg som är under en viss sträcka.

Bortsett från de fraktorder som avser transporter med mindre än ett tons fraktvikt verkar trenden vara att de fraktorder som utgör transporter i Stockholmsområdet har lättare laster än motsvarande

transporter i Göteborg. Större andelar av alla fraktorder är under fem respektive sju ton än motsvarande andelar för Göteborgsområdet. Den största fraktvikten är emellertid större för Stockholmssystemet än Göteborgssystemet. Gemensamt för de båda områdena är emellertid att nästan alla fraktorder har startvikter under sju ton.

Fraktvikt [kg]	Andel Stockholm [%]	Andel Göteborg [%]
500	5	5
1 000	13	14
5 000	84	75
7 000	98	95
12 138/9 893	100	100

Tabell 5 Andel av alla fraktorder i Stockholm respektive Göteborg som är under en viss fraktvikt.

Av erfarenhet från Göteborgsstudien är det dock oftare lastkapaciteten i termer av golvarea som är den begränsande faktorn snarare än maxvikten. Detta eftersom att lasten på ett fullastat distributionsfordon sällan uppgår till den maximala fraktvikten på sju ton. På grund av att lasterna i Stockholmsområdet i snitt verkar vara ännu lättare än i Göteborgsområdet är det rimligt att anta att så även är fallet i Stockholm.

4.3.2 Möjligheter till elektrifiering

Sett endast till körsträckor per fraktorder samt fraktvikter är en elektrifiering av färskvarudistributionen tekniskt möjlig att genomföra. Det som komplicerar är att huvuddelen av transportererna ska ske på morgonen och att fordonen, om de endast används för att distribuera COOPs varor, då skulle stå oanvända en stor del av dygnet. Om turerna istället kunde fördelas jämt över dagen skulle detta underlätta en elektrifiering genom ett bättre fordonsutnyttjande.

COOP menar att det både är svårt och ointressant att i dagsläget genomföra förändringar av det nuvarande logistikupplägget. Transportören menar att en av de största utmaningarna är att förse sina kunder med rätt varor inom givna tidsfönster. Det gör att transportererna utgör ett komplext logistiskt dilemma i vilket kundkrav och kostnadseffektivitet ska mötas. För att hålla tidsramarna tvingas lastbilarna ofta lämna terminalen med betydligt mindre gods än vad maxkapaciteten tillåter. Kunden prioriterar tiderna högt vilket kräver anpassning från transportörens sida. Det gör att det svårt för transportören att optimera sin ruttplanering och gör att det tar lång tid att få igenom förändringar enligt transportören.

Kraven på att varorna ska nå samtliga butikerna på morgonen leder till att bilar och förare måste utföra annat transportarbete som ett komplement för att vara kostnadseffektiva då marknaden är konkurrensutsatt. Detta leder också till att fordonen används på ett delvis men inte helt förutbestämt sätt vilket innebär en osäkerhet kring hur långt en viss bil kommer att behöva köra en viss dag. Med dagens dieselfordon finns ingen reell begränsning hur långa transportuppdrag en bil kan utföra, andra faktorer som arbetstid är troligtvis mer avgörande. En begränsning av den möjliga dagliga körsträckan får därför konsekvenser för ett effektivt utnyttjande av såväl fordon som förare och försvårar en elektrifiering så länge som fordonets energilager inte kan laddas upp tillräckligt snabbt och vid rätt tid och plats.

4.4 ELLAD

I ELLAD har vi studerat urbana, regionala och interregionala flöden avseende möjligheter till elektrifiering och därtill passande laddstations- och laddinfrastrukturuppbyggnad. En grund blir att koppla uppbyggnaden till de laddstrategier som de olika transporttjänsterna kräver och som bl a beror av

- Körscheman & raster
- Lastegenskaper
- Rutter & distanser
- Trafikvariation
- Ruttopografi
- Batteristorlek
- Tillgänglig laddeffekt & laddtid
- Laddstationslokalisering
- Kostnader för framdragning av elförsörjning.

Ett antal detaljerade resultat har erhållits avseende transport i stads- och urbana områden som kan vara en preliminär bas för denna uppbyggnad. När det gäller regional och interregional transport så verkar introduktionen av plug-in hybrid PHEV och batterielektriska fordon BEV ligga senare i tiden. Mot bakgrund av det intresse som ändå finns hos transportbranschen har några preliminära nedslag gjorts för att få fram viktiga designparametrar. Här behövs dock ett systematiskt angrepp med genomgång av typiska tillämpningar.

4.4.1 Urbana flöden och laddinfrastruktur

Resultaten från ELSOP och ELDIS har tjänat som viktig input till denna del av rapporten och det ELLAD-relaterade arbete avseende erforderliga laddeffekter och tider som berör dessa tillämpningsfall och som primärt beskriver urban transport redovisas i motsvarande tillämpningsavsnitt.

4.4.1.1 Renova - avfallshämtning

Vad gäller elsopbilar för Renova i Göteborg har analysen visat att en elektrifiering inte är avhängig extern laddinfrastruktur. Laddning bör kunna ske kostnadseffektivt i terminal baserat på dagens logistikupplägg. Snabbladdning i närheten av depån skulle kunna vara ett användbart komplement för att snabbt kunna ladda ett fordon som exempelvis av någon anledning inte laddats under natten eller som tillfällig lösning vid oförutsedda händelser. Ett relevant exempel är i det fall ett fordon snabbt behöver köras till verkstad för att hinna repareras i tid till nästa dag.

I sammanhanget bör nämnas att Göteborg Energi projekterar en laddstation vid Falutorget direkt utanför Renovas terminal avsedd att användas för tunga fordon och taxibilar. Det kan också vara motiverat att etablera en extern snabbladdstation tex i närheten av Renovas tömningsplats i Högsbo för att göra systemet mer robust mot störningar, tex i samband med extra tömningar som resultat av större avfallsmängder vid helger. För att denna installation ska vara ekonomiskt försvarbar bör den kunna utnyttjas av andra typer av tjänstefordon, tex taxi, som har ett mer regelbundet behov av att snabbt kunna ladda på dagen. Laddstationen behöver därför inte ligga exakt vid tömningsplatsen. En lämpligare plats skulle därvid kunna vara i närheten av köpcentret 421 där det finns matställen och annan service som Renovas personal skulle kunna dra nytta av i samband med laddning.

4.4.1.2 DB Schenker - styckegodsdistribution

För DB Schenker och styckegodsdistributionen i Stockholms innerstad är det tillräckligt att ladda på terminal. En extern laddinfrastruktur är inte nödvändig för den flotta som analyserats men kan även här göra systemet mer robust. Snabbladdning på terminal har undersökts och visat sig vara en dyrare

lösning så länge som långsamladdning möjliggör samma fordonsutnyttjande. I den stund långsamladdning inte hinns med eller kompliceras pga att fordonen intet står parkerade tillräckligt länge på samma ställe blir snabbaddning ett nödvändigt alternativ. Snabbaddning möjliggör ett ökat fordonsutnyttjande, tex att köra två-skift. Den ekonomiska jämförelsen som redovisas i avsnitt 4.1.4 indikerar att det på längre sikt inte är lönsamt att köra på kvällar och nätter såvida inte andra faktorer har en väsentlig inverkan på kostnadsbilden, tex minskad trängsel i trafiken, mer effektiv distribution och ett förbättrat erbjudande eller ökad flexibilitet till kund.

4.4.1.3 Färskvarudistribution – COOP som transportköpare

I fallet med COOPs färskvarudistribution i Göteborg resp Stockholm är situationen annorlunda. COOP är en annan typ av aktör än Renova eller Schenker. COOP är transportköpare och har specifika krav på leveranser under morgon/förmiddag. Fordon och förare som används för COOPs räkning måste beläggas ytterligare för att nå kostnadseffektivitet. Om denna ytterligare beläggning av fordon är förutsägbar, repetitiv och i en omfattning som inte överstiger den prestanda ett elektrifierat fordon klarar av finns en rimlig möjlighet för transportköparen att efterfråga elektrifierade transporter till en rimlig kostnad. Om det däremot finns stora krav på flexibilitet i körsträcka och lastkapacitet utgör detta ett hinder för en snabb elektrifiering. Det finns ett par huvudsakliga alternativa lösningar:

- Större energilager som medger längre körsträckor. Denna lösning är dock förknippad med onödigt kostnad om behovet uppstår sällan och har också en negativ inverkan på lastkapacitet.
- Extern laddinfrastruktur för snabbaddning vid behov. Med snabbaddning möjliggörs längre transportuppdrag. Laddinfrastrukturen måste finnas på rätt plats och vara tillgänglig vid rätt tid för att lösningen ska vara attraktiv.

Fordonens energilager blir större i takt med batteriutvecklingen men det kommer fortsatt att finnas en intressant avvägning att göra mellan batteriets storlek och möjligheten att snabbadda externt.

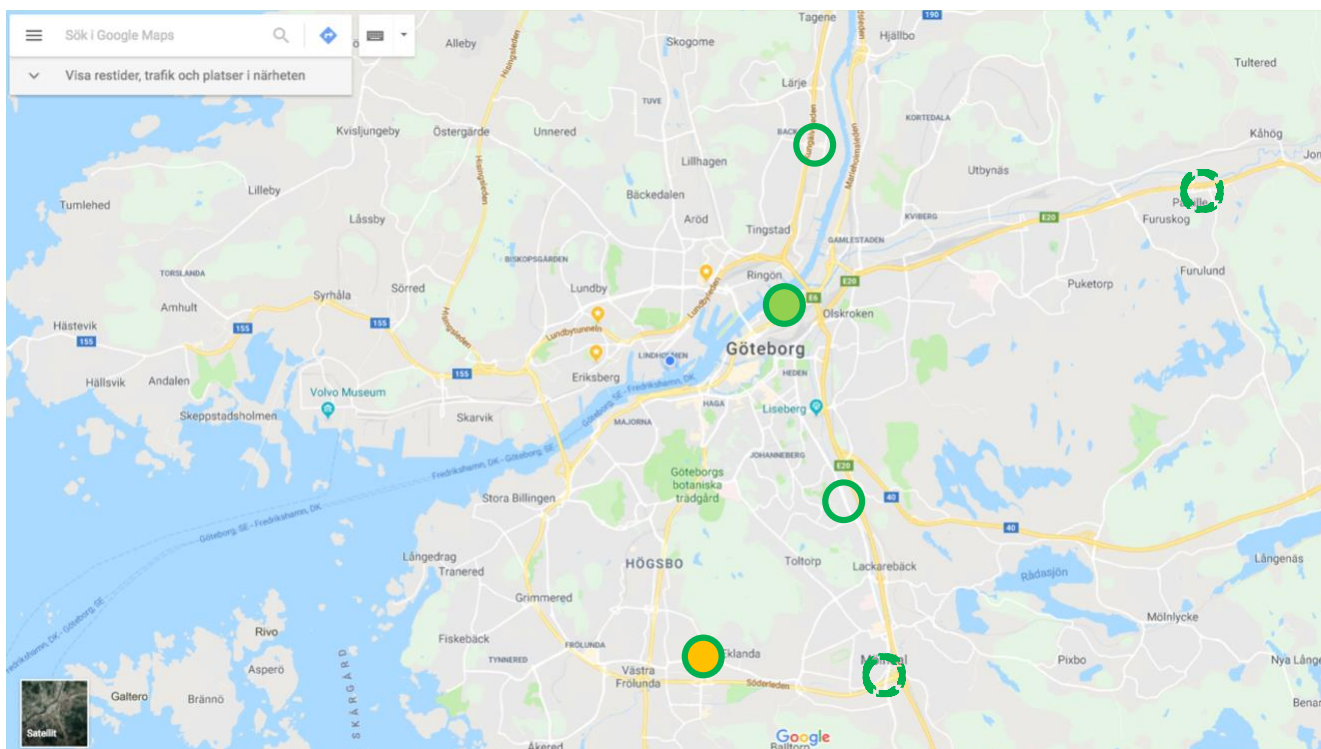


Bild 9 Bild över några undersökta laddstationsplaceringar i och runt Göteborg.

Erfarenheterna från projektering och uppbyggnad av laddstationer i urban, exploaterad, miljö pekar på en komplexitet som inte bör underskattas. Projektet har undersökt ett antal platser utifrån frågeställningen var ett fåtal laddstationer skulle placeras för att ha en stor effekt på möjligheten för ett åkeri att elektrifiera en del av sin fordonsflotta. I bild 9 markerar cirklarna ett antal möjliga platser som skulle kunna tänkas vara lämpliga för laddstationer avsedda för framför allt distributionslastbilar, men även för andra tunga fordon. Dessa laddstationer bör för att bli kostnadseffektiva även kunna ta emot andra typer av fordon, främst taxi. Göteborg Energi planerar att installera en snabbbladdningsstation vid Falutorget, vilket motsvarar den fyllda gröna ringen ovanför namnet *Göteborg* i kartan. Den orangegröna ringen motsvarar den placering nära köpcentret 421 som omnämns i ELSOP-avsnittet och som kan vara av värde både för distributionsfordon och sophämtningsfordon. De streckade ringarna representerar platser vid infartsvägar till Göteborg.

4.4.2 Regionala flöden – exempel på case för dimensionering

En viktig fråga vid dimensionering av elektrifierad fordonsdrift är möjligheter till regenerering av bromsenergi. Under vissa topografiska förhållanden med långa nerförsbackar gäller det att batteriet kan lagra den totala bromsenergin. För plug-in hybridlastbilar kan detta vara en faktor som dimensionerar batteriets storlek. En annan kan vara möjligheten till att köra helelektriskt genom stadszoner.

För att få fram preliminära dimensioneringsdata har en mycket hypotetisk analys av ett sätt att ta sig över Hallandsåsen, som uppskattas ge en stigning under 3 km respektive sänkning under 3 km på 200 meter, med ett fordon på 40 ton, som kör 60 km/h, och där batteridrift utnyttjas så långt som möjligt. Energiåtgången respektive återföringen blir då storleksordningsmässigt $(40 \times 10 \times 200 / 3600 + 2 \times 3) = 30$ kWh. För batterier vill man hålla sig inom ett state of charge utrymme. Med ett 200 kWh batteri blir detta oproblematiskt om batteriet är laddat i tillräcklig omfattning innan stigningen börjar. Vikten av ett sådant batteri uppskattas till 2 ton, vilket är begränsande för viktbegränsad men acceptabelt för volymbegränsad transport. Urladdningseffekten blir ca 600 kW vid körning uppför åsen vilket dock kan vara i överkant av vad som är lämpligt för batterier med denna energikapacitet. Det kan kräva att hastigheten reduceras eller att förbränningsmotorn utnyttjas. Vid körning utför åsen förväntas regenereringseffekten bli ca 300 kW vilket kan kräva att mekanisk bromsning också utnyttjas. Den elektriska körsträckan på plan mark blir ungefär 100 km vilket bedöms tillräckligt. Om vi antar att batteriet är vid sin undre state of charge gräns vid infart till en laddstation innan åsen börjar stiga tar en laddning av 150 kWh med 300 kW ca 30 minuter. Laddstoppen bör synkroniseras så långt som möjligt med förarnas raster för att inte tappa tillgänglig körtid.

För helelektriska lastbilar blir batteristorlekarna större. Förbränningsmotor och viss mekanisk växling försvinner dock. Denna typ av lastbilar tas upp i ett design case för interregional transport.

4.4.3 Interregionala flöden – exempel på case för dimensionering

För interregional transport med typiska körsträckor överstigande 250 km med batterielektriska lastbilar är avvägningen mellan batteristorlek, utnyttjande av förartid samt möjligheter till påladdning en kritisk designfaktor.

Lastbilstransporter mellan Stockholm och Göteborg är ibland organiserade så att förarna byter bil och tar den som kommer från lastdestinationen tillbaka till där de kommer ifrån. Det är då möjligt att ladda lastbilarna när detta spetsbyte sker och förarna har måltidsrast. Batteristorleken uppskattas till 750

kWh för att hålla ett säkert SoC fönster för ca 250 km körning. Batterivikten uppskattas till mer än 5 ton, vilket gör att främst volymlast är aktuell. För att hålla tiden för rast rimligt kort krävs åtminstone 800 kW laddningseffekt. Det finns en tradition att flera par av lastbilar möts ungefär samtidigt vilket om det skall bestå ställer mycket höga krav på tillgänglig total laddeffekt. Eftersom denna typ av laddning inte förväntas pågå under hela dagen är det viktigt att undersöka huruvida ett lokalt energilager som långsamt laddas upp kan utnyttjas.

5 Förslag till frågeställningar för fortsättningsprojekt

Det krävs en fortsättning av ELLOG-projektet på högre TRL-nivå för att få fram dimensioneringsunderlag för implementering. En del aktiviteter i UDI-projektet Dencity Steg 3 kommer att kunna utnyttjas för den urbana utvecklingen. När det gäller regionala och interregionala tillämpningar behöver ett parallellt projekt startas på lägre TRL-nivå för att ta fram grundläggande utformnings- och dimensioneringskoncept.

5.1 ELSOP2

De teoretiska resultat som uppnåtts avseende energiförbrukning mm i ELSOP jämförs med verkliga data från DenCity Steg3 och revideras vid behov. De tillkommande uppgifterna används för att skapa så bra underlag som möjligt för en framtida implementering. Analysen från ELSOP breddas till att omfatta avfallshämtning utanför innerstadsområden i Göteborg eller på andra orter undersöks med avseende på möjligheterna till en elektrifiering. Rutter och körsträckor som är mer krävande kan kräva att andra logistikupplägg blir nödvändiga för att uppnå kostnadseffektivitet. Omlastningspunkter i förhållande till förbränningsanläggning och liknande infrastruktur tas i beaktande och lämpliga depå- eller terminalplaceringar analyseras. Behov av laddinfrastruktur vid eller i närheten av omlastningspunkter undersöks.

5.2 ELDIS2

De teoretiska resultat som uppnåtts avseende energiförbrukning mm i ELDIS jämförs med verkliga data från DenCity Steg3 och revideras vid behov. De tillkommande uppgifterna används för att skapa så bra underlag som möjligt för en framtida implementering. Analysen från ELDIS breddas till att omfatta godsdistribution utanför innerstadsområden i Göteborg eller på andra orter undersöks med avseende på möjligheterna till en elektrifiering. Av särskilt intresse är att tillsammans med åkerier och speditörer kartlägga rutter och körsträckor för distributionsbilar i och runt storstadsområden. Kartläggningen utgör underlag för den analys av lämplig laddinfrastruktur som görs föreslås i ELLAD2.

5.3 ELLAD2

De slutsatser som dragits baserat på analyserna av olika tillämpningar inom ELLOG behöver verifieras baserat på pilot- och om möjligt flottförsök. Här ingår kalibrering av modeller och verktyg för analys och systemutveckling. Vidare behöver aggregerade transportflöden av olika typ, som successivt skalas upp, tas fram. Baserat på dessa underlag måste en utveckling av preliminära nät av laddstationer med lämpliga prestanda göras.

Platser som identifierats som lämpliga ur ett logistiskt perspektiv analyseras. Kritiska frågeställningar är närhet till elnät, kapacitet i elnät samt förutsättningar i mark avseende koppling till annan befintlig

infrastruktur, tex vatten och avlopp. Framtida exploateringsplaner behöver kartläggas. En ekonomisk analys som omfattar investeringskostnader för laddinfrastruktur och hur dessa beror på geografisk placering och konsekvenser av denna behöver genomföras.

Affärsmodeller som bl a innefattar under dygnet prognostiserad utnyttjandegrad, möjligheter till utjämning av inkommande el, processer för bokning och debitering behöver utvecklas och om möjligt testas i verklig drift. Prioritering mellan aktörer sinsemellan och hur tillgång till en enskild laddstation kan säkras för ett effektivt utnyttjande av fordon och personal avhandlas. En ökad tillgång på laddplatser leder till minskat resursutnyttjande och minskad lönsamhet per laddplats.

Möjligheter till multi-trafikslagsutnyttjande av laddinfrastruktur behöver också undersökas. Utöver olika typer och storlekar av lastfordon kan kollektivtrafik: bussar och spårvagnar; taxi; arbetsfordon; och personbilar; ingå.

5.4 Verktyg

Arbetet inriktas mot att vidareutveckla och använda det analysverktyg som utvecklats i tidigare projekt för att studera vilka typer av elektrifierade medeltung/a lastbil/ar som passar för ett specifikt trafikarbete. Verktøget kan analysera och visualisera hur flottor körs i ett geografiskt område och simulera energiförbrukning och laddning och state of charge SoC sammanlagt och för varje enskilt fordon. Samtidigt effektuttag vid viss given laddplats kan också simuleras och visualiseras.

I ett fortsättningsprojekt är fokus på att utveckla verktyget så det blir möjligt att utgå från en begränsad effekt per laddplats och se hur många fordon som kan elförsörjas per tidsenhet samt totalt över dygnet.

En viktig input blir den kartläggning av trafik- och transportarbete som föreslås för fortsättning av ELSOP och ELDIS för att kunna avgöra hur väl en tänkt laddinfrastruktur matchar verkliga flöden.

6 Resultatspridning

Resultaten från ELLOG har under projektet kontinuerligt spridits i respektive organisation. Slutgiltiga resultat kommer att presenteras vid minst 2 tillfällen i Q1 2019, bland annat vid CLOSERS Round Table-möte Urban Mobility den 5 feb i Örebro. En intern avrapportering på Volvo kommer att hållas i januari. I tillägg till detta planeras för en slutkonferens i Göteborg med berörda projektparter för att sprida resultat och diskutera fortsatt arbete.

Analysverktyget som vidareutvecklats inom projektet presenterades vid EVS 31 i Japan i oktober, se bilaga 5.

7 Slutsatser och fortsatt arbete

Övergången till ett transportsystem baserat på förnyelsebar energi medför sannolikt att lastfordon kommer att elektrifieras för användning i urbana områden. En övergripande slutsats från projektet är att detta är tekniskt och ekonomiskt möjligt inom en snar framtid.

I ELSOP studerades möjligheten att hämta rest- och biologiskt avfall i centrala Göteborg med en flotta av elektrifierade lastbilar. Preliminära resultat visar att det är fullt möjligt att hämta rest- och matavfall i centrala Göteborg med elektrifierade sopbilar av den typ som nyligen presenterats och att det är tillräckligt att ladda fordonen när de står parkerade över natten. Förändringen i logistikupplägg är minimal. På kort sikt kommer en elektrifiering att innebära något högre årliga kostnader jämfört med fordon som kör på HVO men är däremot kostnadseffektiv jämfört med biogas.

I ELDIS har två olika fall studerats, styckeogodsdistribution i Stockholms innerstad samt färskvarudistribution i Göteborg och Stockholm. Analysen visar att det är tekniskt möjligt att distribuera styckeogods i Stockholms innerstad med en flotta av elektrifierade lastbilar och att det är tillräckligt att ladda fordonen på terminalen när de står uppställda över natten. En övergång till eldrift bör redan inom några år vara ekonomiskt jämförbar med att köra på HVO men kan initialt medföra något högre årliga kostnader. Någon jämförelse med biogas har inte gjorts i detta fallet.

En elektrifiering av livsmedelsdistributionen för COOP i Göteborg är i dagsläget mer komplicerad att realisera utan en betydande kostnadsökning. COOP köper sina transporter av Schenker som anlitar TGM, ett åkeri i Göteborg, för detta. Transporterna utförs till största delen under förmiddagarna då alla butiker vill ha leveranser. Därefter används fordonen ibland även för andra transporttjänster för andra kunder. Det innebär en ökad osäkerhet i det enskilda fordonets körsträcka och kan, baserat på dagens batterikapacitet och räckvidd, komma att kräva en extern laddinfrastruktur. Situationen i Stockholm är likadan då åkeriet som kör för COOP också utför annat transportarbete med de aktuella fordonen. Åkeriernas verksamhet är konkurrensutsatt. En elektrifiering måste vara lönsam eller åtminstone kostnadsneutral för åkeriet. En enskild transportköpare har svårt att kräva att transporterna elektrifieras utan att drabbas av stora extrakostnader. En strategiskt lokaliserad och måttligt utbredd extern laddinfrastruktur i utkanten av Stockholm respektive Göteborg kan potentiellt bidra till att en stor del av de fordon som används för COOP och liknande kunder skulle kunna elektrifieras. Denna hypotes behöver verifieras i ett fortsättningsprojekt.

Slutsatser ELLOG:

- Det finns urbana flöden som är relativt enkla att elektrifiera (Renova, Schenker och liknande) och som kan elektrifieras genom politiska beslut
- En extern laddinfrastruktur torde kunna öka möjligheterna för en snabbare introduktion av elektrifierade godslösningar med en större mängd flöden i och kring storstadsområden
- En elektrifiering innebär att ljudemissioner kan minskas och drifttiden per dygn för fordonen kan utökas. Här finns en potential att minska totalkostnad förutsatt att leveranser kan göras utan stora extrakostnader och fordonen kan påladdas under rimlig tid.
- Verktyg för analys av kostnader och krav på systemutformning i urbana tillämpningar har tillämpats med stor framgång och men behöver valideras i fortsatta pilotprojekt
- För regionala och interregionala flöden behöver nya kostnadseffektiva systemkoncept utvecklas och utforskas som utnyttjar elektrifieringens möjligheter.

8 Deltagande parter och kontaktpersoner

Projektet har drivits av Lindholmen Science Park och startade 2017-12-15 och avslutas 2018-11-30. VINNOVA har finansierat delar av arbetet tillsammans med COOP, Göteborg Energi, Göteborgs stad Kretslopp o vatten, Renova, Schenker AB och AB Volvo, som samtliga bidragit med inkind. Utöver ovan nämnda organisationer har RISE och Chalmers deltagit i projektet.

Kontaktpersoner:

Chalmers, Anders Grauers

Coop, Kjell Håkansson

Göteborg Energi, Henrik Forsgren

Göteborgs Stad, Kretslopp o vatten, Peter Årnes

Lindholmen Science Park, Gunnar Ohlin

Renova, Hans Zachrisson

RISE, Johan Östling

Schenker, Daniel Jonsson

Volvo, Fredrik Cederstav

9 Bilagor

1. PPT Presentation – ELSOP – Elektrifierad avfallshämtning i centrala Göteborg
2. PPT Presentation – ELDIS – DB Schenker – Terminalutformning – laddinfrastruktur
3. Elektrifiering av livsmedelsdistribution i Göteborg TEK040 version 2 förkortad
4. Elektrifiering av livsmedelsdistribution i Stockholm
5. *Nyman J., Enerbäck O. and Pettersson S. Making an electrification analysis tool for multiple types of transportation. EVS 31 & EVTeC 2018, Kobe, Japan, October 1 - 3, 2018*

10 Referenser

[1] Daniel Forsström, Axel Ihrfelt, Johan Johansson, Oscar Johansson, Karin Malmgren, Niklas Westerberg, *Elektrifiering av livsmedelsdistributionen i Göteborg*. Kandidatarbeten, Teknikens ekonomi och organisation, TEKX04-18-15, Chalmers tekniska högskola, 2018.
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/255875/255875.pdf>

[2] Nyman J., Enerbäck O. and Pettersson S. *Making an electrification analysis tool for multiple types of transportation. EVS 31 & EVTeC 2018, Kobe, Japan, October 1 - 3, 2018*

[3] J. Nyman, O. Olsson, A. Grauers, J. Östling, G. Ohlin, S. Pettersson, *A user-friendly method to analyze cost effectiveness of different electric bus systems, EVS30, 2017*