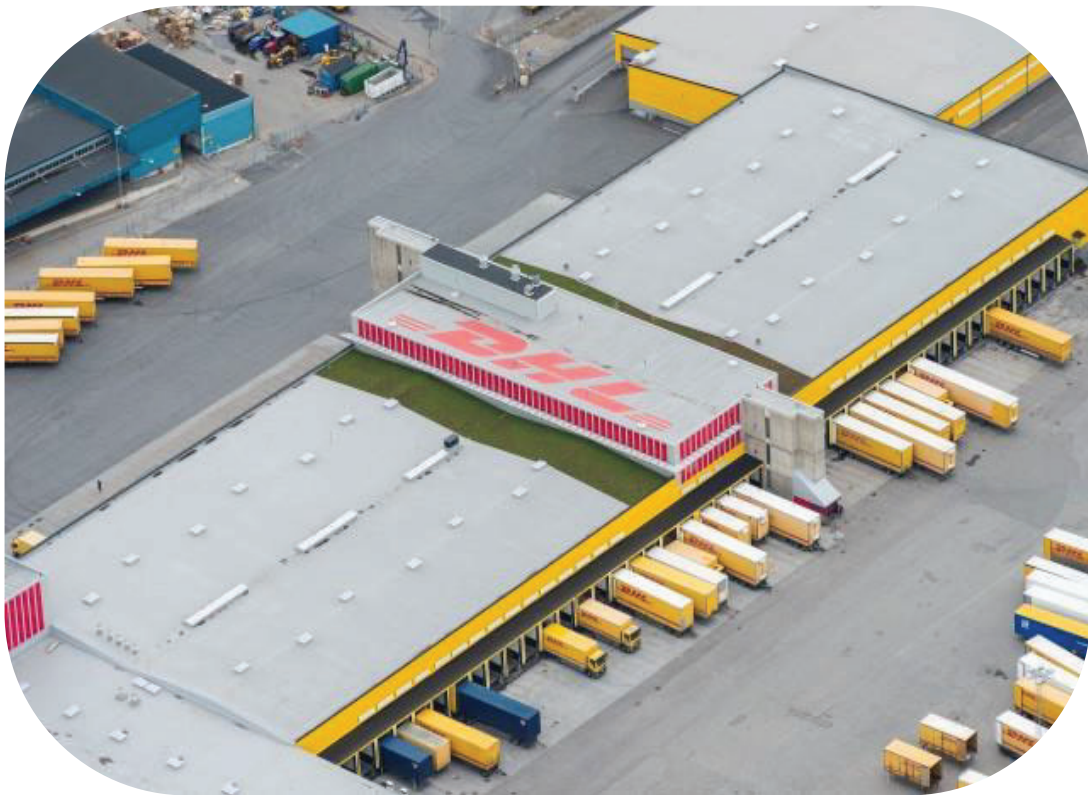


TED

Terminalladdning av Elektriska Distributionsfordon - TED, 2020-05142



Författare: Roland Elander Sustainable Innovation, Mats Alaküla och Huan Li Lunds
Universitet samt affärsmodeller Jakob Rehme och Pontus Cerin Linköpings Universitet
Datum: 2023-04-25
Projekt inom FFI Effektiva och uppkopplade transportsystem

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

VOLVO

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	2
2	Executive summary in English	4
3	Bakgrund	6
4	Syfte, forskningsfrågor och metod	9
5	Mål	19
6	Resultat och måluppfyllelse	20
7	Spridning och publicering	25
7.1	Kunskaps- och resultatspridning	25
7.2	Publikationer	25
8	Slutsatser och fortsatt forskning	26
9	Deltagande parter och kontaktpersoner	27

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

EU's vision till 2050 är att vara klimatneutral vilket innebär ett stort omvandlingstryck på inte minst fordons- och transportbranschen. Detta projekt fokuserar på godsdistribution.

Att eliminera dieselberoendet inom godsdistribution för att nå nära nollutsläpp till 2030 kräver att många aktörer deltar och agerar för att skapa omställningar som bryter ingångna fossilberoende paradigmer och värdekedjor. Dessa behov sammanfaller med FFI-målen innovationer, forskning, affärsmodeller och elektrifiering av fordon i en systemlösning med branschöverskridande samverkan.

Projektet TED (Terminalladdning av Elektriska Distributionsfordon) är en unik systemlösning och affärsmodell för den fullt elektrifierade godsterminalen.

Projektet modellerar, optimerar och projekterar en godsterminal med en helt elektrifierad flotta av distributionsfordon, lokal elgenerering med solenergi, lokal energilagring i batterier

samt utbytet av energi med anslutande elnät. Projektet utvecklar också relaterade affärsmodeller.

Laddningsbehovet för elfordon beräknas utifrån fordonens dagliga bränsleförbrukning och dagliga körsträcka, som delas in i regionala leveransfordon (mindre än 3,5 ton, 7-20 ton och över 20 ton) och fordon för godstransporter. Antaganden om laddningsfönster för regionala fordon och linjetransportfordon ("långtradare", kör mellan DHL's terminaler) görs: de regionala fordonen laddas från 22.00 till 07.00 under sju dagar i veckan och för linjetransportfordon varierar laddningsfönstren utifrån den schemalagda godstransportplanen under en veckodag i veckan.

När det gäller sommar- och vintersemestrar kommer paketleveranser och godstransporter att minska med 25 % respektive 10 %. Solcellsmodellen, batterimodellen, modellen för vätgaslagringssystemet (bränslecell, elektrolyser och vätgastank) och nätmodellen byggs upp.

Tre lösningar kategoriseras för planeringen av kapacitetsexpansionen av terminalen för att fylla elgapet i det nuvarande kraftsystemet med solenergi, batteri, vätgassystem eller förstärkning av nätanslutningen, och de utformas, modelleras, optimeras och jämförs genom den kombinerade optimeringen av dimensionering och energihanteringsstrategi med arkitekturen i två nivåer. Den första nivån är optimeringen av dimensioneringen för att minimera den totala kostnaden som löses med en blandad heltalsgenetisk algoritm, och den andra nivån är energihanteringen för att schemalägga effekten mellan olika kraftkällor. Känslighetsanalys med priser på el, solceller, batterier och vätgassystem, jämförelse av olika strategier med regelbaserad strategi och optimeringsbaserad strategi samt osäkerhetsanalys av elproduktion, byggnadsbelastning och laddningsbelastning studeras.

Flera beräkningar kunde uppnås:

- 1) Att förstärka nätanslutningen till det lokala distributionsnätet genom att lägga till en ny transformator och annan extrautrustning är alltid den optimala lösningen.
- 2) Installation av solceller är lönsamt med det nuvarande elpriset och politiska incitament.
- 3) När batteripriserna sjunker till 500 kr/kwh kan batteriet vara lönsamt.
- 4) Batteri- och vätgassystemet har interkonversibilitet tillsammans med olika priser. Men batteriet är mer lönsamt än vätgassystemet.
- 5) Energihanteringsstrategin påverkar mycket på dimensioneringsresultaten. Optimeringsstrategin har en lägre totalkostnad än den regelbaserade strategin.

Elektrifiering av fordonsflottan möjliggör för företag att erbjuda hållbara och fossilfria godstransporter. Dock påverkas inte värdeerbjudandet mellan aktörerna i ekosystemet i en större utsträckning. Det grundläggande erbjudandet kvarstår, vilket är att leverera produkter och gods från punkt A till punkt B. Leveransstrukturen kan dock påverkas av förutsättningarna för elfordon och laddning av elfordon, vilket inverkar på ledtider och leveranstidpunkter. Det är dock oklart hur produktägare och andra kunder skulle se på dessa förändringar. Vad som däremot är klart är att det inte i egentlig mening finns ett alternativ. Att inte kunna erbjuda mer hållbara och fossilfria - eller ofta diskuterade som koldioxidfria - transporter är inte ett alternativ över huvud taget. Affärsmodellering har fokuserat på hur detta kan ske i samverkan med aktörerna i ekosystemet: fastighetsbolag, energibolag, transportbolag och underleverantörer, OEMer och åkerier.

Värdeskapandet och värdefördelning kan påverkas i större utsträckning. Olika aktörer i nätverket har olika roller i utveckling samt i produktionen av värdet. Aktörerna har också olika prioriteringar och förutsättningar till omställningen till en elektrifierad fordonsflotta. Nätbolagen har ett starkt beroende till andra nätägare, som transmissionsnät (Svenska kraftnät) eller regionnät, där man är även bunden av den reglering som ska hantera det naturliga monopol som elnät utgör. Elnätsbolagen behöver även prioritera mellan olika investeringar.

Fastighetsbolagen är drivna av effektivisering av sina tillgångar, och styr ofta mot avkastning på investerat kapital, men där man ofta saknar kunskap om vad elektrifiering kan skapa i termer av ökat fastighetsvärde eller i möjlighet till ökade hyresintäkter samt ökad kundlojalitet hos hyrestagaren som blir mindre benägen att byta lokal då även laddfrågan för fordonen behöver lösas vid flytt av verksamhet. Utöver nätbolag och fastigheter står åkerier inför stora investeringar i deras fordonsflotta vid elektrifiering av tunga fordon. Om inte fordon kan bytas antingen pga kapitalbehov eller fordonsbrist innebär det en försening av elektrifieringen.

Vad som är tydligt är dock att krav på samarbete mellan olika aktörer är av stor vikt för att kunna hantera de olika prioriteringar som aktörer har och att kunna skapa affärsmodeller som uppfyller de krav som olika aktörer behöver förhålla sig till. Här blir det av yttersta vikt att affärsmodeller utformas med den långsiktighet som behövs för elektrifieringens kapitaltunga investeringar, vilka i många fall kommer att utföras hos aktörer med ofta mindre omsättning och vinstmarginal - åkerierna. Långsiktiga kontrakt behövs mellan involverade aktörer om värdefördelning så att den totala ägandekostnaden och investeringen kan räknas hem.

2 Executive summary in English

The EU's vision for 2050 is to be climate neutral, which means a great transformational pressure on not least the vehicle and transport industry. This project focuses on freight distribution. Eliminating diesel dependence in freight distribution in order to reach near-zero emissions by 2030 requires many actors to participate and act to create transitions that break entrenched fossil-dependent paradigms and value chains. These needs coincide with the FFI goals innovations, research, business models and electrification of vehicles in a system solution with cross-industry cooperation.

The TED (Terminal Charging of Electric Distribution Vehicles) project is a unique system solution and business model for the fully electrified freight terminal.

The project models, optimizes and projects a freight terminal with a fully electrified fleet of distribution vehicles, local electricity generation with solar energy, local energy storage in batteries and the exchange of energy with connecting power grids. The project also develops related business models.

The charging demand of EVs is calculated based on present vehicles' daily fuel consumption rate and daily driving distance, which are divided into regional delivery vehicles (less than 3.5 tons, 7-20 tons, and over 20 tons) and line haul vehicles for goods transportation. The assumptions for charging windows of regional vehicles and line haul vehicles are made: the regional vehicles are charged from 10 pm to 7 am over 7 days a week and for linehaul

vehicles, the charging windows vary based on the scheduled goods transportation plan over a weekday in a week. When it concerns summer and winter holidays, parcel delivery and goods transportation will decrease by 25% and 10% respectively. The PV model, battery model, hydrogen storage system model (fuel cell, electrolyser, and hydrogen tank and grid model are built. Three solutions are categorized for the capacity expansion planning of the terminal to fill the electricity gap of the present power system with solar energy, battery, hydrogen system or reinforcing the grid connection and they are designed, modeled, optimized, and compared through the combined optimization of sizing and energy management strategy with the two-level architecture.

The first level is the sizing optimization to minimize the overall cost solved by a mixed integer genetic algorithm, and the second level is energy management to schedule the power among different power sources. Sensitivity analysis with prices of electricity, PV, battery and hydrogen system, comparison of different strategies with rule-based strategy and optimization-based strategy, and uncertainty analysis of power generation, building load, and charging load are studied.

Several calculations could be achieved:

- 1) Reinforcing the grid connection with the local distribution grid by adding a new transformer and other auxiliary equipment is always the optimal solution.
- 2) Installing the PV is profitable under the current electricity price and policy incentives.
- 3) When battery prices decrease to 500kr/kwh, the battery can be profitable.
- 4) The battery and hydrogen system have interconvertibility along with different prices. But the battery is more profitable than the hydrogen system.
- 5) The energy management strategy affects a lot on the sizing results. The optimization strategy has less overall cost than rule based strategy.

Electrification of the vehicle fleet enables companies to offer sustainable and fossil-free freight transport. However, the value proposition between the actors in the ecosystem is not affected to a greater extent. The basic offer remains, which is to deliver products and goods from point A to point B. However, the delivery structure can be affected by the conditions for electric vehicles and charging of electric vehicles, which affects lead times and delivery times. However, it is unclear how product owners and other customers would view these changes. What is clear, however, is that there is no real alternative. Not being able to offer more sustainable and fossil-free - or often discussed as carbon dioxide-free - transport is not an option at all. Business modeling has focused on how this can happen in collaboration with the actors in the ecosystem: real estate companies, energy companies, transport companies and subcontractors, OEMs and haulage companies.

Value creation and value distribution can be affected to a greater extent. Different actors in the network have different roles in development and in the production of value. The actors also have different priorities and prerequisites for the conversion to an electrified vehicle fleet. The grid companies have a strong dependence on other grid owners, such as transmission grids (Svenska kraftnät) or regional grids, where they are also bound by the

regulation that must handle the natural monopoly that electricity grids constitute. The electricity grid companies also need to prioritize between different investments.

The property companies are driven by the efficiency of their assets, and often steer towards a return on invested capital, but where there is often a lack of knowledge about what electrification can create in terms of increased property value or in the possibility of increased rental income as well as increased customer loyalty on the part of the tenant who becomes less inclined to change premises as the charging issue for the vehicles also needs to be resolved when moving operations. In addition to network companies and real estate, haulage companies face large investments in their vehicle fleet when electrifying heavy vehicles. If vehicles cannot be changed either due to capital requirements or lack of vehicles, this means a delay in electrification.

What is clear, however, is that requirements for cooperation between different actors are of great importance to be able to manage the different priorities that actors have and to be able to create business models that meet the requirements that different actors need to relate to. Here, it is of the utmost importance that business models are designed with the long-term perspective needed for electrification's capital-heavy investments, which in many cases will be carried out by actors with often smaller turnover and profit margins - the haulage companies. Long-term contracts are needed between the actors involved on the distribution of value so that the total cost of ownership and investment can be accounted for.

3 Bakgrund

EU har antagit en klimatlag med målet att utsläppen av växthusgaser ska minska med minst 55 % fram till 2030 och därefter ska klimatneutralitet nås senast 2050. Dessa mål är bindande för EU och dess medlemsländer och är en del i EU:s "gröna giv" och åtgärds paketet Fit For 55 ska bidra till att uppnå målen. Transportsektorn står för ca 25 procent av unionens koldioxidutsläpp och ca 70 procent av dessa kommer från vägtransporter vilket innebär att det här är ett viktigt och prioriterat område. Dessutom står vägsektorn för en betydande andel av de luftföroreningar som sker inom EU där de långsiktiga målen ännu inte har uppnåtts. Över 90 procent av de tunga lastbilarna är fortfarande dieseldrivna även om andelen biobränslen och elektrifiering av fordon ökar. Buller är också fortfarande en utmaning inom EU:s länder och framförallt i städer så totalt sett finns det ett mycket stort behov av emissionsfria fordon..

Det finns redan idag styrmedel för att minska utsläppen och EU har bland annat lagt förslag om ett förbud mot försäljning av nya dieslbilar från 2035. Det här inkluderar även lätta lastbilar vilket driver på utvecklingen av nya elfordon. Det finns även regler som på samma sätt fasar ut dieseldrivna tyngre lastbilar. EU-kommissionen har nu lagt förslag på nya striktare mål för koldioxidutsläpp även från nya tunga fordon från 2030. Målen gäller för nästan alla nya tunga fordon (jämfört med 2019 års nivåer):

- Utsläppsminskningar på 45 % från och med 2030.
- Utsläppsminskningar på 65 % från och med 2035.
- Utsläppsminskningar på 90 % från och med 2040

Godstransporterna på väg står för ca 20 procent av klimatutsläppen från transporterna i Sverige och riksdagen har på liknande sätt som EU antagit en klimatlag och beslutat om ett mål för transportsektorn om att nå minst 70 procent reduktion av klimatgaser senast år 2030 jämfört med 2010 och nå nettonollutsläpp till 2045. För att nå både klimat- och luftkvalitetsmålen behövs det, utöver ökad energieffektivitet, utfasning av fossila drivmedel samt även mer elektrifierade fordon. Dessa mål, tillsammans med det faktum att åtgärderna för att minska klimatpåverkan generellt måste accelerera för att vi ska nå Parisöverenskommelsen och 2- gradersmålet gör att det också är allt mer bråttom med den här omställningen.

EUs vision till år 2050 är att unionen skall vara klimatneutral, driven av en ekonomi med netto-nollutsläpp av växthusgaser. Samtidigt ställer kunder krav på klimat och städer kräver eller går mot nollutsläpp och noll buller för en levande stad. Detta innebär ett stort omvandlingstryck på fordons- och transportbranschen. DHL som är part i detta projekt, liksom övriga transportörer i Sverige, har egna mål att minska sina utsläpp av växthusgaser. Att få en hel bransch, som idag fortfarande sitter kvar i ett reellt stort dieselberoende och därmed betydande utsläpp, att nå 70 procent till år 2030 och att redan år 2050 verka i en ekonomi med netto nollutsläpp är mycket krävande för sektorns aktörer.

Logistiksektorn kan inte ensam driva utvecklingen, då det krävs att många aktörer deltar och agerar för att skapa teknikomställningar som bryter ingångna fossilberoende paradigmer och värdekedjor. Dessa behov sammanfaller med FFI-målen gällande innovationer inom både teknik och affärsmodeller, omställning till elektrifiering baserad på fordonsindustriell internationell konkurrenskraft, nära samverkan i en systemlösning med branschöverskridande samverkan mellan mindre innovationsföretag som underleverantörer och stora energibolag (Ellevio), fastighetsbolag (Catena) och transportbolag (DHL), parter som alla deltar i projektet.

Fullt elektrifierade distributionsfordon har endast under de senaste åren börjat bli tillgängliga på marknaden från flera OEM'er. I den lägre viktlassen, upp till 3.5 ton, finns det många fordon att tillgå. Till distributionsfordon hör även lastbilar upp till 20 ton och vissa därutöver. Också inom detta segment har elektrifierade fordon nått marknaden varför även dessa omfattas av projektet och dess målsättning 100% elektrifiering, vilket ställer extra krav på bl a effektbehovet i lösningen.

Amazon planerar en flotta med 3,5 tons "delivery vans" från det nya fordonsföretaget Rivian [1] som skall börja levereras under 2021 och nå 100 000 stycken vid 2030. UPS har beställt 10 000 liknande "delivery vans" [2] från det nya fordonsföretaget Arrival med leverans från 2020 till 2024. På listan över nya fordonsleverantörer bör förutom Rivian och Arrival även nämnas Chanje [3], Workhorse [4] och StreetScooter [5], den senare DHL's eget märke. Till dessa kommer alla de mer traditionella fordonsleverantörerna Volvo, BYD, Scania, Daimler, Renault, Iveco, Ford, Volkswagen, Tesla m.fl som alla de senaste åren har börjat leverera, eller snart kommer att börja leverera, helt elektriska lastbilar inte minst för godsdistribution. Det är ingen tvekan om att distributionssektorn står inför en omställning till helt elektriska

fordon, särskilt då de lättare fordonen på 3,5 ton redan idag visar bättre driftsnetto (lägre total kostnad per km) än motsvarande dieselfordon.

Full elektrifiering av lastbilstrafiken till/från DHL's terminal i Västberga innebär därmed en omfattande utmaning och kräver därmed rimligen en samverkan med elnätbolaget Ellevio, lokal energilagring och solexproduktion samt effektstyrkning mm. Ytterligare utmaningar är hur uppgradering ska ske för en robust och långsiktig lösning med hänsyn till bland annat till flexibilitetskrav på kunder där elnätbolaget har rätt att styra ner kunden effektuttag vid händelse av effektbrist.

Planering av kapacitetsutvidgning är nödvändig för att hantera terminalens belastningstillväxt. Installation av solpaneler, användning av lagringskällor som batterier eller vätgassystem, eller förstärkning av nätanslutningen genom att lägga till en ny transformator och extrautrustning är alla bra alternativ för terminalen för att möta elbristen på grund av laddningsbelastningen från elfordon. De olika teknikerna och deras olika kombinationer rör det optimala valet av plats, teknik, storlek, installation, drift och underhåll, vilket innebär utmaningar för beslutsfattandet om den slutliga optimala lösningen. Priset på el och komponenter i lösningar förändras med tiden. Den möjliga energihanteringsstrategin, osäkerheten i fråga om elproduktion och efterfrågan på belastning samt stödtjänsterna till nätbolaget har också en betydande inverkan på valet av de optimala lösningarna, motsvarande komponentstorlekar och den totala kostnaden.

DHL Freight ingår i Deutsche Post, en global logistikkoncern som har antagit klimatmål både till 2030 samt till 2050, där elektrifiering av fordonsflottan är centrala delmål. Att byta ut den lätta fordonsflottan till el har visat sig gå relativt lätt i Sverige men en betydligt större utmaning är att få ut tyngre el-lastbilar på vägarna trots att de flesta tillverkare av tunga lastbilar redan utvecklat och lanserat flertalet eldrivna modeller. De tunga och långväga lastbilarna står också för en betydligt större proportion av utsläppen i jämförelse med de mindre lätta lastbilarna, därav är det mycket angeläget att dessa fordon kommer ut på marknaden. Några av de stora utmaningar som den tunga lastbilsflottan står inför, är förutom de stora investeringar som krävs i de betydligt dyrare lastbilarna också den el och den laddinfrastruktur som måste finnas på plats på geografiskt och logistiskt väl avvägda platser. Osäkerheten kring den offentliga utbyggnaden av laddplatser och frågor kring det befintliga elnätet, behov och möjliga effekter är stor.

För att kunna ta långsiktiga beslut om huruvida investeringar ska ske i egna laddplatser för sina underleverantörers fordon, (semi-publika) eller om dessa fordon ska ladda på publika laddplatser behöver möjligheterna och konsekvenserna utredas. Frågeställningen gäller sannolikt hela branschen. Det mest lämpliga är naturligtvis att bygga laddplatser i anslutning till de platser där de tunga lastbilarna står placerade nattetid, då långsam laddning är det mest kostnadseffektiva alternativet. Men eftersom många av fordonen av ekonomiska skäl ofta nyttjas över stora delar av dygnet kommer snabbladdning att behöva finnas både som bas men också som komplement. Att bygga laddplatser till alla lastbilar som ankommer och avgår vid godsterminaler kräver både en enorm effekt och nya kunskaper, (särskilt då dessa fordonsflottor tidigare förlitat sig helt på extern infrastruktur för försörjning av energi till fordonen) men också kännedom om vilken effekt som krävs och vilka möjligheter och begränsningar som finns för den här utvecklingen. Att inte äga och ha full rådighet över vare sig fordonen eller i fastigheterna är ytterligare parametrar som gör frågorna komplexa. Det här

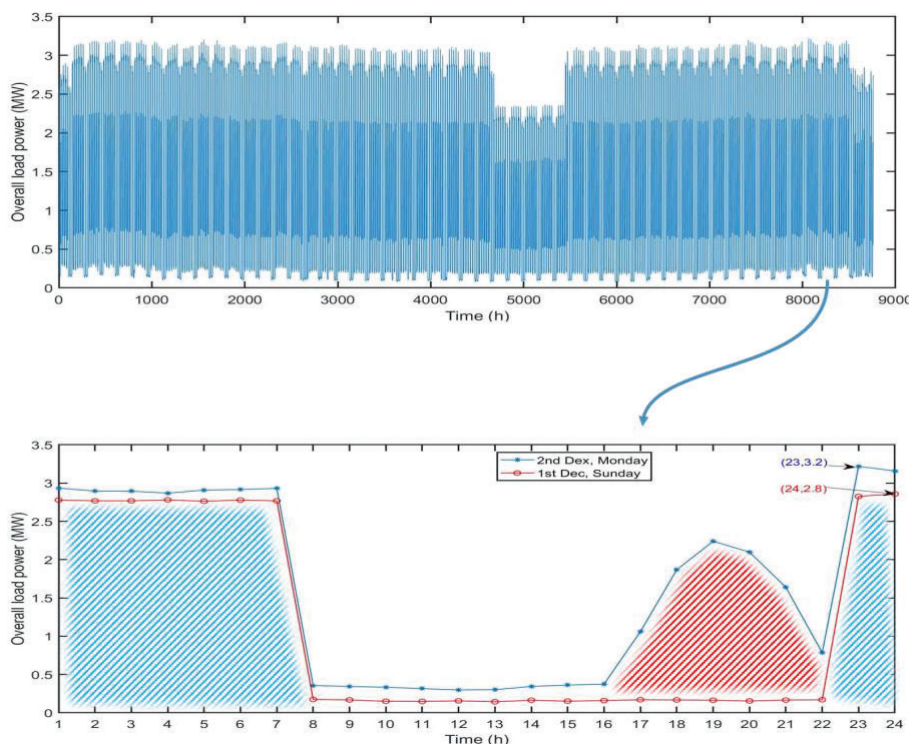
projektet hade som syfte att både kunna påvisa vad som var möjligt och vilka begränsningar som fanns om alla fordon som ankommer och avgår på en godsterminal skulle elektrifieras.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektet innefattar Lunds akademi för forskning om hur DHL Freight's godsterminaler i Västberga kan elektrifieras för att förse en helt elektrifierad fordonsflotta med primär laddning. Frågeställningarna omfattar tekniska systemlösning (LTH) och affärsmodeller (SUST).

Projektet angriper utmaningen i att nå klimatmålen genom att ställa om till en helt elektrifierad fordonspark samtidigt som elkonsumtionen och brister i elnäten förväntas öka. Projektets mål är att etablera en systemlösning baserad på tidigare forskningsprojekt inom FFI, Fullelektrisk Godsdistribution, där dieseldrivna 3,5 tons distributionsfordon ersätts med automatladdade elfordon i DHLs produktion, men laddbehovet för dessa fordon överstiger abonnerad effekt med uppskattningsvis 5...10 gånger om alla lastbilar är elektrifierade.

En utmaning med denna omställning är att de godsterminaler som många av dessa distributionsfordon utgår ifrån inte är byggda för att kunna energiförsörja flottan av lastbilar med elektrisk energi. Fordonen nattladdas och även vid normalladdning mer än fördubblas effektuttaget i godsterminalerna vilket de flesta elnätsanslutningar inte är dimensionerade för. En del fordon behöver kompletterande laddning under dagen, men det stora problemet är det höga effektbehoven under natten. Till detta kommer behov att även ladda de tunga fordonen ("linehaul") som kommer till terminalerna med inkommande gods. Dessa kan behöva snabbaddas (150 kW per fordon) vilket ytterligare, med 30 "linehaul"-fordon ökar effektbehovet radikalt, se Figur 1.



Grovt uppskattat effektbehov under vardag vid Västbergaterminalen i Stockholm. Överst: Elnätseffekten, inklusive laddning av alla lastbilar över ett år med timupplösning. Nederst: Samma kurva inzoomad på två olika dagar. Blå yta: Lokal- och regional transport. Röd yta: Linehaul.

Det finns två sätt att lösa detta på:

1. Elnätsanslutningen förstärks.
2. Lokal elproduktion och lagring används för att öka förmågan att ladda fordon vid terminalen.

Att välja lokal elproduktion har fördelen i att avlasta en uppgradering av elnätsanslutningen som innebär investeringar och tillståndprocesser. Nätbolagens planeringshorisont för nätutbyggnad är 2-10 år och i tätorter och städer är tex ny kabelframdragnings komplicerad. Dessutom kommer stor del av industrin ha ökade effektbehov vilket innebär en omfattande konkurrens om effekt i elnätet, där vissa elnät redan idag har effektbrist.

Av dessa skäl är även en ökande självförsörjningsgrad av transportenergi verksamhetskritisk för transporternas terminalverksamhet och innebär även en möjlighet att agera som en aktör som säljer elkvalitetstjänster till elnätet.

Ett exempel på en sådan lösning är ASKO's godsterminal i Trondheim som använder 9000 m² solceller för att bl.a. generera vätgas till ett antal bränslecellsbaserade lastbilar. Valet av vätgas som mellanlager av den genererade elektriska energin ger betydligt lägre energiverkningsgrad än batterier (ungefär en faktor 2...3x), dvs c:a 2...3x fler fordon kan energiförsörjas med batterier som mellanlager. Dock ger vätgasen en möjlighet till energilagring över säsong medan batterier lämpar sig för kortare tider (dag till natt, helg till arbetsvecka).

I Sverige finns exempel på tidigare forskningsprojekt "Batterilager för lokaler" med Energimyndigheten [7], i Askersund i en kommunal fastighet som försetts med Solceller, batterilager, styrsystem med Ferroamp samt snabb- och normalladdare för elbilar. Detta projekt har drivits med Sustainable Innovations som projektkoordinator som återfinns som koordinator även i denna ansökan.

En liknande princip kan tillämpas på godsterminaler. Ett bra exempel på en lite större godsterminal är DHL's terminal i Västberga som detta projekt avser. Den trafikerar dagligen av c:a 170 distributionsfordon varav 40 st är paketbussar (<3.5 ton) och c:a 130 st lastbilar (7-20 ton). Dessa har ett behov av laddning som mer än fördubblar elenergiekonsumtionen i terminalen från 4,2 GWh per år till över 9.6 GWh. Ännu mer kritiskt är anläggningens effektbehov som stiger från 700 kW till 2400 kW för de 170 st distributionsbilarna, även med smart laddstyrning.

Till detta kommer energibehovet för fordonen som kör mellan terminalerna, line-haul, som för 30 bilar kräver c:a 15 MWh/dag, motsvarande ungefär 4 MW i ytterligare laddeffektbehov. Med dessa fordon inkluderade ökar det totala effektbehovet under den tid dessa fordon, se Figur 1, befinner sig i terminalen upp till nära 5.500 MW - alltså en ökning av effektbehovet med ca 8 gånger. Detta behov uppstår gradvis under nätbolagens planeringshorisont (vartefter flottan elektrifieras) och bedöms sett till elnätets övriga

utmaningar svårt att tillgodose. Alternativa lösningar för terminalers effektbehov – Terminal to Grid - är kärnan i detta projekt.

Samtidigt är byggnaderna stora, med takytor på c:a 17000 m². Skulle dessa takytor användas för solceller skulle de generera upp till 2400 MWh/år [8]. Denna genererade solenergi täcker mer än 95% av laddenergibehovet för de regionala distributions- fordonen sommartid men endast drygt 60% av hela laddbehovet om även fjärtrafiken skall laddas enbart från terminalen. Under årets mörkaste månader är motsvarande siffror båda lägre än 5%. Av dessa grova uppskattningar kan man dra minst två slutsatser:

- Den lokalt producerade elenergin tillförs huvudsakligen dagtid (solenergi) och laddning sker huvudsakligen nattetid varför mellanlagring av energi behövs.
- Eftersom laddning från terminal inte tycks räcka vare sig vad gäller elnätsanslutning eller med fullt utbyggd solgenerering, behövs tillskottsladdning under arbetsdagen under många av årets dagar. Denna tillskottsladdning kan ske vid lastning/lossning hos kund eller på väg till/från kund, dvs som statisk och/eller dynamisk laddning.

Mycket talar för att ett lokalt mellanlager för energi bör bygga på användning av batterier i container-lösning. Dessa förväntas komma att spela en mycket stor roll i framtidens elkraftnät där både lokal produktion och lagring blir viktiga ingredienser. Batterierna står inte bara för energilagring över tid, utan även som en effekt-depå vilken kan användas till frekvensreglering [11]. Det är redan en kommersiell verklighet i regioner med stora inslag av förnyelsebar generering, t.ex Tyskland [12]. Utöver batterilagring är även elektrolys/kompression/vätgaslagring med bränsleceller ett tänkbart komplement som kommer att undersökas i projektet, då framför allt som säsongslager av energi.

De olika teknikerna och deras olika kombinationer för att fylla elbristen i det nuvarande kraftsystemet i terminalen inkluderar det optimala valet av plats, teknik, storlek, installation, drift och underhåll, vilket innebär utmaningar för beslutsfattandet om den slutliga optimala lösningen. Priset på el och komponenter i lösningarna förändras med tiden, vilket också påverkar valet av de optimala lösningarna. Tre lösningar med sina olika varianter kategoriseras för kapacitetsutvidgning med solenergi, energilagringsskällor eller förstärkning av nätanslutningen, och de utformas, modelleras, optimeras och jämförs genom en kombinerad optimering av dimensionering och energihanteringsstrategi med arkitekturen i två nivåer. Den första nivån är optimeringen av dimensioneringen för att minimera den totala kostnaden som löses med en blandad heltalsgenetisk algoritm, och den andra nivån är energihanteringsstrategin för att schemalägga effekten mellan olika kraftkällor. Känslighetsanalys med priser på el, solceller, batterier och vätgaslagring, jämförelse av olika energihanteringsstrategier med regelbaserad strategi och optimeringsbaserad strategi samt osäkerhetsanalys av elproduktion, byggnadsbelastning och laddningsbelastning studeras i projektet.

Affärsmodellsinnovation

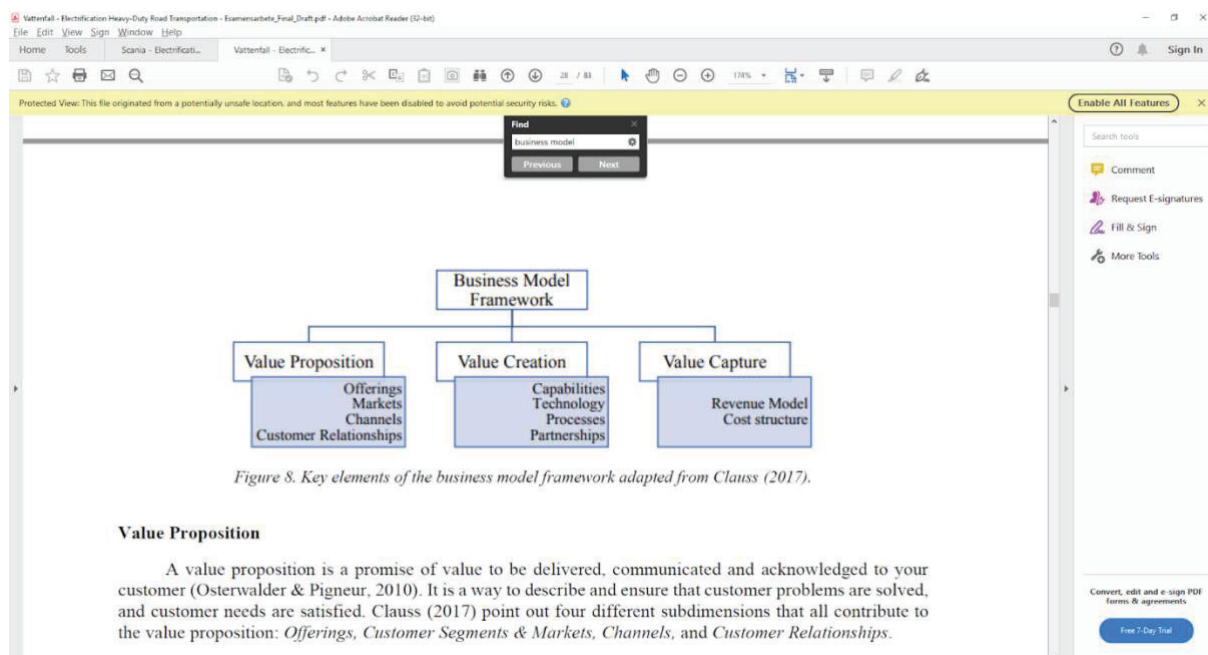
I en föränderlig värld där nya miljöer med nya behov skapas. Där bara en del av ens tidigare kärnverksamhet finns kvar, eller där nya affärsrelationer kan utvecklas finns det ofta behov av affärsmodellinnovation, vilket i engelskspråkig litteratur går under benämningen Business Model Innovations med förkortningen BMI. Att anpassa sig till ny teknik och samarbeten kan ofta vara ansträngande, men också nödvändigt för att överleva. I tekniskt intensiva tider som

dessas är det ofta vanligt med tvärfunktionella samarbeten mellan olika branschsegment, vilket enligt **Adner och Kapoor, (2010)** gör det ännu viktigare att förstå varandras affärsvärde för att tillgodose alla behov.

Som en del av ett företags strategier kan affärsmodeller abstrakt beskrivas som företagets verktyg för att koppla teknisk potential till realiseringen av ekonomiskt värde genom att skapa en logik att följa (**Hedman och Kalling, 2017**). På grund av en teknologi eller innovation inte självt har något inneboende värde utan förlitar sig på affärsmodellen för att skapa värde (**Chesbrough, 2007**). En affärsmodell följaktligen definieras, på ett påtagligt sätt, som en konstruktion av vilken "beskriver logiken för hur en organisation skapar, levererar och fångar värde" (**Osterwalder och Pigneur, 2010**).

Inget ramverk för affärsmodeller lämpligt för alla affärstyper, utan det förklaras ofta av olika designade ramverk och konceptualiseras genom sitt samspel mellan olika element (**Osterwalder och Pigneur, 2010**). Återkommande viktiga modellkomponenter utgörs bland annat av värdeförslag och en finansiell aspekt åtföljd av ett kund- och leverantörsperspektiv. En vanlig modell går under namnet business model canvas utvecklad av **Osterwalder m.fl. (2005)**. Modellen behandlar faktorer som nyckelpartner, nyckelaktiviteter, nyckelresurser, värdeförslag, kundrelationer, kanaler, kundsegment, kostnadsstruktur och intäktsströmmar, vilka utgör aspekter att beakta vid utformningen av företagets verksamhet. Tillsammans spänner dessa nio element över huvudområdena bestående av infrastruktur, erbjudanden, kunder och finans (ibid.). På grund av dess omfattande användning har modellen flera gånger antagits och allmänt accepterats som en normativ modell att utgå ifrån, främst på grund av dess enkla utformning som gjort det möjligt för ledningen att enkelt förstå och beskriva sina affärsmodeller (**Baden-Fuller och Haefliger, 2013**).

Med tanke på förutsättningarna för att ett fall - som tex elektrifierade godstransporter med dess noder på väg - rör ett mer eller mindre nytt teknologiskt system framstår det som motiverat att tillämpa ett konceptuellt ramverk som inte kategoriserar verksamheten på endast ett sätt. Det kanvas som utvecklades av **Osterwalder et al. (2005)** är flexibelt att ofta kunna ingå som ett nytt element av ett landskap och företag på frammarsch ges samtidigt möjligheten att upplysa om skillnader som uppstår med e-mobilitet. Baserat på en omfattande litteraturgenomgång över affärsmodellslitteratur så föreslår Clauss (2017) ett ramverk anpassat från 'The Business Model' med dess grundelement bestående av tre dominant dimensioner; värdeförslag, värdeskapande och värdefångande; vilket visas i **figur Y** nedan. Genom att använda affärsmodellens konceptualisering av **Clauss (2017)** möjliggörs en diskussion med både djup och nyans. För att säkerställa ömsesidig förståelse om det valda ramverket förklaras varje element nedan.



Nyckelelement i affärsmodellens ramverk (Jmf. Clauss, 2017; Böving och Löfquist, 2020).

Värde proposition

Ett värdeerbjudande är ett löfte om värde som ska levereras, kommuniceras och erkännas till din kund (Osterwalder och Pigneur, 2010). Erbjudandet är ett sätt att beskriva och säkerställa att kundproblem löses och kundernas behov tillfredsställs. Clauss (2017) pekar ut fyra olika underdimensioner som alla bidrar till värdeerbjudandet:

- erbjudanden,
- kundsegment och marknader,
- kanaler och
- kundrelationer.

Värdeskapande

Den andra av de tre huvuddimensionerna är värdeskapande, vilket är det primära målet för alla affärsenheter (Clauss, 2017). Denna dimension består dessutom av fyra underdimensioner:

- kapacitet,
- process och strukturer,
- partnerskap och
- teknik och utrustning.

Tillsammans skapar dessa värden för kunderna och underlättar försäljningen av organisationens produkter och tjänster.

Värdeinfångande

Den sista av de tre huvuddimensionerna är värdeinfångst som tar hänsyn till när och genom vilken processkostnaden genereras. Värdeinfångning består av två underdimensioner: Intäktsmodeller och Kostnadsstruktur (Clauss, 2017). Intäktsmodeller är ett ramverk för att generera finansiella intäkter och identifierar vilka intäkter som ska eftersträvas, vilket värde

som ska erbjudas, hur man prissätter värdet och vem som betalar för värdet. Kostnadsstruktur används som ett verktyg för att bestämma priser samt att lyfta fram områden där kostnaderna potentiellt kan minskas eller åtminstone bli föremål för bättre kontroll.

Nätverksberoende – Värdenätverk och affärsekosystem

Med en förståelse för varandras affärsvärden kommer möjligheter över gränserna att uppstå och ett skapande av ett värdenätverk på nya sätt kommer att gynna mer än en intressent. Genom att använda varje intressents kärnkompetens och anpassa ett gemensamt mål är möjligheten att etablera en ny verksamhet mer sannolikt.

En grundläggande förutsättning för att företag ska vinna och bevara konkurrenskraft är att skapa utökat värde som överstiger konkurrenterna och indirekt dess innovationsförmåga (**Porter, 1985**). Samtidigt beror innovationer och enheters framsteg ofta på åtföljande förändringar och nya aktörer i den omgivande miljön, nämligen komplementörer (Adner och Kapoor, 2010).

Porter och van der Linde (1995) skrev en mycket inflytelserik artikel - Green and Competitive - Ending the Stalemate - i Harvard Business Review där de vände upp-och-ned på den gängse affärs- och lagstiftningssynen kring hantering av miljöfrågor och hur man utformar långsiktiga spelregler vilka ger företag möjlighet att utforma konkurrenskraftiga affärsmässiga förhållanden. Därigenom kan större miljövinster göras på längre sikt då de reglerade företagen tävlar om att bli marknadsledande under den nya regleringen. Det här innebär en stor skillnad från den traditionella lagstiftningen där man endast nöjer sig med att snabbt lägga till den bästa möjliga reningstekniken som en end-of-pipe lösning vid befintlig verksamhet istället för att ändra de problemsatta processerna och affärslogiken i grunden.

Detta kan ske genom att de långsiktiga spelreglerna sträcker sig över de reglerade sektorernas investeringscykler. Spelreglerna, om vi kallar dem så, måste vara trovärdiga och långsiktiga så att aktörernas (känsla) av osäkerhet minskar och villigheten till ta nya investeringar i t.ex. tekniker och utformning av affärsmodeller som leder till nya produkter och tjänster. Artikeln kan sammanfattas i elva punkter för att skapa förutsättningar för att åstadkomma dessa situationer vilka ger förutsättningar för både ekonomisk vinning för parterna och för miljön.

Genom att skapa stabila förutsättningar kan långsiktiga miljöeffektiviseringar inplaneras som stämmer samman med nya affärsmöjligheter att skapa ett konkurrenskraftigt utrymme. Vidare argumenteras det för att de som utformar de nya 'spelreglerna' behöver vara kompetenta inom det teknik- och affärsområde som avhandlas. Det räcker alltså inte med att vara en specialist inom juridik eller miljö för att uttrycka det enkelt (jmf. Porter och van der Linde, 1995). Även om artikeln mer berör lagstiftningsprocesser som sätter 'spelreglerna' för aktörerna inom en sektor behövs liknande kompetens och utformning av långsiktiga förhållningssätt - tex genom avtal - om det rör sig om en omställning där en mindre aktör skall ta en stor investeringskostnad som i fallet ett åkeri som behöver investera i fordon med hög 'up-front-kostnad'. Den mindre aktören behöver då en säkerställan om en långsiktighet via tex speditorsbolags framtida inköp eller fordonstillverkarens återköpsgarantier för att på så sätt minska på åkarens risker och öka möjligheten till en lägre total costs of ownership (TCO) för sin fordonsinvestering. Kring dessa resonemang och utformningar där man beaktar att större aktörer ofta är bättre informerade och ekonomisk starka vilket kan ge bättre möjlighet att ta ett vidare ansvar och skapa effektiva systemlösningar än mindre aktörer finns flera ekonomiska teoretiker att stödja sig på såsom Simon (1955), Coase (1937, 1960) och Akerlof (1970).

Värdeskapande är en kärnkomponent som kretsar kring själva affärslandskapet som kan delas in i olika underavdelningar, t.ex. affärsekosystem och värdenätverk (Diedrichs, 2018). Inom forskning hänvisar det senare vanligtvis till leverantörskedjan av intressenter som tillför värde till en produkt eller tjänst, där Diedrich (2018) definierar värdenätverk som "samlingen av uppströmsleverantörer, nedströmskanaler till marknaden och tillhörande leverantörer som

stöder en gemensam affärsmodell inom en bransch". På senare tid har definitionen vidgats genom att inkludera både materiellt och immateriellt värdeskapande genom komplexa dynamiska utbyten mellan två eller flera individer, grupper eller organisationer (**Eriksson Björling, 2018**).

När företagens erbjudanden skiftar mot produkten som en tjänst, betonas värdenätverk allt oftare och insikterna om en positiv nätverkseffekt förstärker denna övergång ytterligare. Samtidigt sträcker tidigare övervägda värdekedja sina gränser genom fågelperspektiv för att bredda sig till ett värdenätverk i sådana företag. **Li och Whalley (2002)** studerade empiriskt en situation med förändrade kundförväntningar där nya affärsmöjligheter tvingade etablerade aktörer att expandera till tjänster och infrastruktur för att revidera sina affärsmodeller och ta djupgående strategiska beslut för att nå och bibehålla konkurrenskraft. Detta tryck av uppmaning resulterade i en gemensam onlineplattform som erbjöd integrerade lösningar till varandra ner till slutkonsument. Följaktligen har konkurrensmiljön blivit mer dynamisk och skiftat från rivaliserande aktörer till hela system som konkurrerar med varandra (Li och Whalley, 2002).

Affärsekosystem definieras av "nätverket av företag, som tillsammans producerar ett holistiskt, integrerat tekniskt system som skapar värde för kunderna" (**Mäkinen och Dedeayir, 2012**). Således är affärsekosystemens likhet med värdenätverk anmärkningsvärd även om mångfald förekommer i försörjningskedjeperspektivet som värdenätverk betonar i högre utsträckning. Affärsekosystem särskiljs genom att inkludera kompletterande varor eller tjänster nedströms i värdekedjan mer exakt och accentuera att utmaningar uppstår med komplementproducenter som kan begränsa och minska fördelarna för slutkunderna, och därför saknas lokala inriktningsvärdeförslag (Adner och Kapoor, 2010).

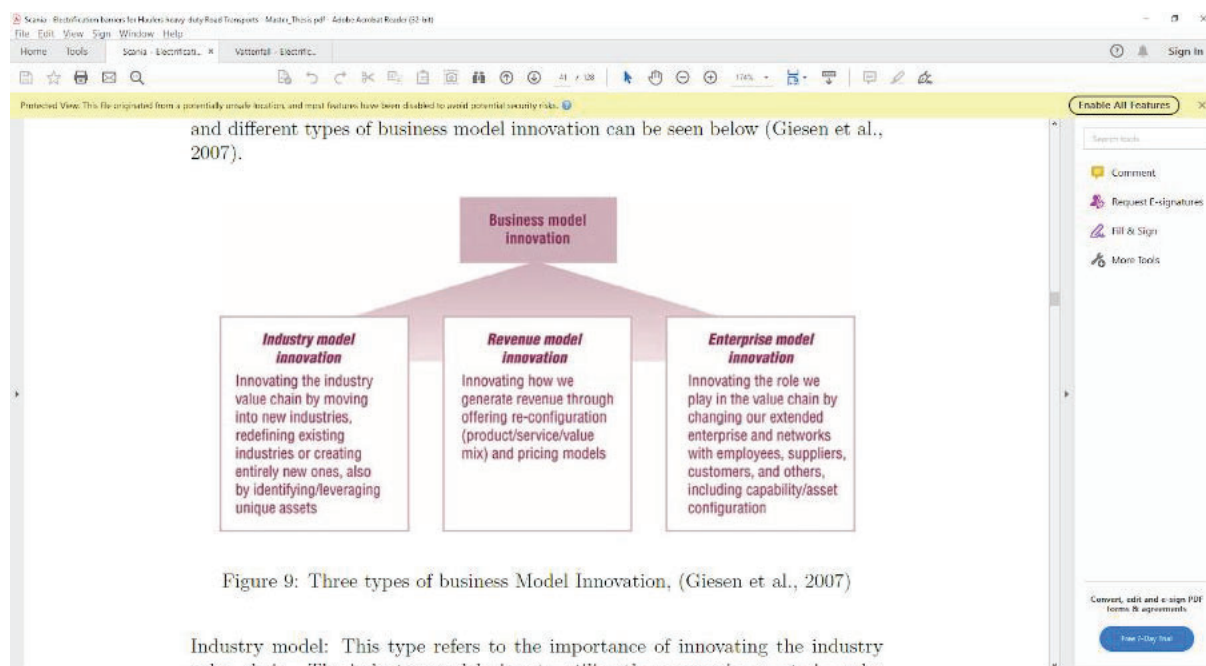
Tvärtom, **Mäkinen och Dedeayir (2012)** betonar samarbete i nätverk och föreslår att det utnyttjar det erbjudna värdet för kunder som aldrig skulle vara möjligt för det enskilda företaget att skapa ensamt. För att utnyttja dessa möjligheter och förstärka sådana fördelar föreslår Adner och Kapoor (2010) en lista med överväganden som innehåller tre strategiska frågor:

1. **Resursfördelning:** Var finns flaskhalsen som hindrar innovationen? I vissa fall kan externa investeringar riktade till partner och kompletterande teknik vara mer effektiva än i egna projekt.
2. **Tajming:** Är den nya tekniken rätt i tiden? Innovatörer måste överväga genomförbarheten om det är beroende av kompletterande framsteg för att fungera fullt ut. Ett ofta nämnt fall är lanseringen av HDTV-skärmar där producenter tidigt investerade hårt i tekniken utan att inse att sändningsutrustningen låg efter många år.
3. **Risker:** Hur hanterar man riskprofiler strukturellt och systematiskt? I detta skede belyses tre aspekter att beakta: initiativrisk, ömsesidigt beroenderisk och integrationsrisker. Dessa aspekter eftersträvas för att uppmuntra chefer att:
 - a. utvärdera vanliga risker med att hantera och leverera projekt inom tidsbudget och omfattning,
 - b. utvärdera samarbeten och dess förmåga samt skyldigheter att leverera sitt bidrag och
 - c. utvärdera sannolikheten för framgångsrik integration i delsystem i ekosystemet, både upp och nedströms värdekedjan.

Förståelsen och utvecklingen av en affärsmodelldesign är en nyckelaspekt för att fånga värde från en teknisk innovation. **Teece D.J. (2010)** hävdar att en produkt som nyligen har utvecklats måste kopplas till utvecklingen av affärsmodellen för att kunna definiera strategierna för att "fånga värde" och "gå till marknaden" (J. Teece, 2010). Författaren förklarar vidare att det finns ett antagande om att en teknisk innovation kommer att medföra kommersiell framgång, men detta är sällan fallet. Utan en noggrant genomtänkt design och

implementering av affärsmodellen i kombination med en strategisk analys är det mer sannolikt att kommersialiseringen leder till att företaget förstörs än att det leder till lönsamhet (ibid.).

Enligt **Giesen et.al. (2007)** kan affärsmodellinnovation delas in i tre huvudtyper: industrimodell, intäktsmodell och företagsmodell. I studien drog författarna slutsatsen att alla tre innovationstyperna kan leda till finansiell framgång om de kombineras med rätt strategi och ett starkt genomförande. Ramverket och olika typer av affärsmodellinnovation kan ses nedan (Giesen et al., 2007).



Tre typer av affärsmodellinnovation (Giesen et al., 2007).

Branschmodell: Denna typ avser vikten av att förnya industrins värdekedja.

Branschmodellen syftar till att utnyttja företagets tillgångar för att ge värde till kunden, ibland innan kunden vet att de har ett behov av den specifika produkten eller tjänsten (ibid.). Detta förverkligas genom att företaget går horisontellt in i andra branscher och utnyttjar företagets största tillgångarna för att ta marknadsandelar. Detta kan ibland leda till utvecklingen av helt nya industrier (ibid.).

Intäktsmodell: Denna typ kretsar kring hur företaget tjänar intäkter. Detta kan göras genom att reglera erbjudanden som produkt, tjänst eller värdemix eller genom att initiera en ny prismodell (Giesen et al., 2007). Ett exempel på detta när ett företag bestämmer sig för att använda en månatlig abonnemangavgift istället för en enstaka försäljning. Intäktsmodellen är värdefull på grund av dess förmåga att fokusera på kundernas preferenser, val och erfarenhet samtidigt som det kan vara användbart för ny teknik (ibid.).

Företagsmodell: Denna modell fokuserar på att förändra organisationens gränser och struktur (ibid.). Det handlar också om att förnya företagets plats i värdekedjan. Detta kan göras genom att skapa ett nytt partnerskap för att förbättra kundernas upplevelse av att använda produkten eller tjänsten (ibid.).

Innovation av Cirkulära affärsmodeller

Cirkulära affärsmodeller är en typ av affärsmodell som syftar till att skapa mer hållbara och regenerativa ekonomiska system genom att designa ut avfall och föroreningar, hålla produkter och material i bruk så länge som möjligt och regenerera naturliga system. Cirkulära affärsmodeller är baserade på principerna för den cirkulära ekonomin, som är ett ramverk för att utforma ekonomiska system som är restaurerande och regenerativa genom design.

Det finns flera olika typer av cirkulära affärsmodeller, inklusive:

1. Cirkulära leveranskedjemodeller, som fokuserar på att designa leveranskedjor som minimerar avfall och maximerar återanvändningen av material.
2. Product-as-a-Service-modeller, som fokuserar på att leverera produkter till kunder som en tjänst snarare än som en fysisk produkt. Detta kan uppmuntra produktens livslängd och minska avfallet.
3. Closed-loop-modeller, som fokuserar på att skapa slutna slingor av materialflöden, där avfall från en process blir råvara för en annan process.
4. Samverkande konsumtionsmodeller, som fokuserar på att dela produkter och resurser mellan individer eller företag för att minska avfallet och öka resurseffektiviteten.

Referenser för cirkulära affärsmodeller inkluderar akademisk litteratur om cirkulär ekonomi, samt rapporter och fallstudier från organisationer som Ellen MacArthur Foundation, som är en ledande organisation som främjar cirkulär ekonomi. Ellen MacArthur Foundation har publicerat flera rapporter om cirkulära affärsmodeller, inklusive "Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition", som ger en översikt över cirkulära affärsmodeller och deras potentiella fördelar. Andra organisationer som främjar cirkulära affärsmodeller inkluderar World Economic Forum och Circular Economy Club.

Affärsmodellinnovation, det så kallade Business Model Innovation (BMI), kan spela en avgörande roll i övergången till batterielektriska långväga tunga vägtransporter genom att skapa en struktur för att ta itu med de utmaningar som är förknippade med införandet av den nya drivlinetekniken för lastbilarna samt det omgivande systemet vars infrastruktur för framförallt energitillförsel behöver utarbetas så att alla nyckelaktörer får ett incitament att investera i omställningen. Utan de bidrag från de nödvändiga aktörerna för i de stödjande och i flera fall nödvändiga systemen kring den nya transportvärdekedjan för tunga elektriska fordon, vilket omfattar bl.a.:

- hanteringa av up-frontkostnader för fordonen, snabbladdningsstationer längs väg,
- destinationsladdningar och snabbladdningar vid transport- och omlastningsnoder samt
- effektlösningar i omgivande elektriska system som möjliggör de största effekttopparna,
 - vilka kommer att bli större än vad elnäten har upplevt tidigare och
 - detta i områden där elnäten redan idag emellanåt upplever nära maximeffektbelastningar.

Nedan följer en strukturering av hur affärsmodellinnovation kan bidra till en övergång till cirkulära affärsmodeller:

1. **Lagstiftning och långsiktiga spelregler:** Det är av yttersta vikt att man utformar långsiktiga spelregler vilka ger företag möjlighet att utforma konkurrenskraftiga affärsmässiga förhållanden. Reglerna från samhället och långsiktiga kontrakt med

2. **Finansiering och investeringar:** Elektriska långväga tunga vägtransporter kräver betydande investeringar i laddningsinfrastruktur, batteriteknik och fordonsdesign.
 - a. Affärsmodellinnovation kan hjälpa till att locka till sig finansiering från investerare och regeringar samt fokalkätorer inom transportvärdekedjan för att stödja övergången till elfordon.
3. **Laddningsinfrastruktur:** En viktig utmaning i övergången till elektriska långväga tunga vägtransporter är bristen på laddinfrastruktur. Innovation av affärsmodeller kan hjälpa till att ta itu med detta problem genom att utforska nya affärsmodeller för utveckling och hantering av avgiftsinfrastruktur.
4. **Fleet Management:** Elektriska långväga tunga vägtransporter kräver olika underhålls- och flotthanteringsstrategier jämfört med traditionella dieseldrivna lastbilar.
 - a. Affärsmodellinnovation kan bidra till att utveckla nya affärsmodeller för förvaltning och underhåll av fordonsflottan som tar hänsyn till elfordons unika egenskaper.
5. **Partnerskap och samarbete:** Affärsmodellinnovation kan underlätta partnerskap och samarbete mellan olika intressenter i övergången till elektriska långväga tunga vägtransporter. Detta kan inkludera partnerskap mellan fordonstillverkare, leverantörer av laddinfrastruktur, energiföretag och logistikföretag.
6. **Nya intäktsströmmar:** Innovation av affärsmodeller kan hjälpa till att identifiera nya intäktsströmmar i samband med införandet av elektriska långväga tunga vägtransporter. Detta kan inkludera intäkter från laddningsinfrastruktur, batterileasing och underhållstjänster.

The diagram illustrates a supply chain network for a food company. It features three main groups of actors, each represented by a set of dark blue circles. The central group is labeled "AM för speditörer". To its left is a group labeled "AM för produktägare", which is further divided into three sub-groups: "AM för nätbolag", "AM för fastighetsbolag", and "AM för åkerier". To the right of the central group is a group labeled "AM för konsumenter", which is further divided into two sub-groups: "AM för konsumenter" and "AM för konsumenter". The diagram shows connections between the central group and the left group, and between the central group and the right group. The right group is also connected to the left group.

Denna studie har haft ett fokus på värdenätverket (eller ekosystemet) som framförallt är involverade i elektrifieringen för speditörer, dvs elnätsbolag, fastighetsbolag, och åkerier. Man skulle även kunna inkludera fordonsleverantörer, leverantörer av elladdare och annan elektrisk utrustning samt även affärsmodeller och kravställning från produktägare och andra kunder, men detta ligger utanför denna studie.

Som tidigare utvecklats så beskriver en affärsmodell hur organisationer: 1) erbjuder, 2) skapar och 3) fördelar värde (Shafer et al., 2005; Gebauer och Haldimann, 2017).

Värdeerbjudandet: Detta definierar vilka produkter och/eller tjänster som erbjuds av organisationen och beskriver hur dessa kan ge värde för kunderna (Morris et al., 2005; Teece, 2010).

Värdeskapandet Detta inkluderar värdenätverket av leverantörer och partners som krävs för möjliggöra förverkligandet av värde baserat på det föreslagna erbjudandet (Shafer et al., 2005; Demil och Lecocq, 2010), och inkluderar alla externa och interna resurser som behövs för att producera och förverkliga det erbjudna värdet (Morris et al., 2005; Johnson, 2008).

Värdedelning Den ekonomiska ekvationen mellan fördelar och uppoffringar som krävs för värdeerbjudandet och dess produktion (Gebauer och Haldimann, 2017), samt därmed hur värdet delas mellan olika aktörer (Johnson et al., 2008; Magretta 2002, Teece, 2010).

5 Mål

Modellering, simulering, systemoptimering och framtagande av affärsmodeller för fullelektrisk godsdistribution med förnyelsebar elproduktion, ellagring och laddning. En plan tas fram för konvertering av DHLs terminal i Västberga till helt elektriska godstransporter. Det skall ske med automatiserad primärladdning via automatisk laddanslutning med markbunden elväg integrerat i en helt elektrifierad systemlösning för hela terminalens energiförbrukare samt etablerad solelproduktion och nyttjande av stationära energilagrar (i första hand batterier men även vätgas) i samverkan med det stora energilagrar som fordonen utgör. Avgörande är branschöverskridande samverkan och nya affärsmodeller.

Delmål

1. En komplett modellering och optimering av lokal elgenerering och lokal elenergilagring balanserade emot ett predikterat laddbehov för en fullelektrifierad lastbilsflotta vid DHL i Västberga, övrigt elbehov vid terminalen samt tillgänglig elnätskapacitet, timme för timme året om.
2. En prediktering av hur ett utlägg av laddsträckor (ERS) i DHLs regionala produktion kan bidra till att möjliggöra full elektrifiering.
3. Affärsmodell för samverkan: fastighetsbolag, energibolag, transportbolag och underleverantörer, OEMer, åkerier som tillämpas i lösningen.
4. Presentation av ett optimerat förslag på integrerad systemlösning för hela terminalen, inkluderande både teknik och affärsmodeller.
5. Projektering av den integrerade systemlösningen i DHLs produktion.
6. Indikera driftnetto, med föreslagna tekniska systemändringar och nya affärsmodeller, (SEK/km) maximalt i paritet med dagens nivå med dieseldrivna fordon.
7. Indikera energieffektivisering på 70% samt reduktion på minst 80% av CO₂.

8. Del av Doktors- eller Licensiats-examen vid Lunds Tekniska Högskola.

6 Resultat och måluppfyllelse

Förväntade resultat från projektet är primärt:

1. Detaljerad förståelse för utmaningar och möjligheter för godsterminaler vid full elektrifiering av samtliga distributionsfordon och fjärrtrafik, med laddning lokalt (huvudsakligen) och hos kund och/eller på väg (tillskottsladdning), utnyttjande av terminaltaken för solelproduktion samt av lokal energilagring i första hand i batterier. Även elektrolys/kompression/vätgaslagring/bränsleceller kommer att övervägas för säsongslager.
2. Ny branschöverskridande samverkan genom nya affärsmodeller.
3. Metoder och modeller för systemanalys gällande 100% elektrifiering av godsterminalers distributionfordon där innovationshöjd möter kostnadseffektivitet för skalbarhet.
4. Projektering av en systemlösning i DHLs terminal i Västberga.
5. Del av doktors- eller Licensiats-examen vid Lunds Tekniska Högskola.
6. Akademisk representation av Professor i Industrial Electrical Engineering och Professor i Strategic Management and Innovation.
7. Förändrad produktion för DHL från diesel till 100% el.

Teknisk systemlösning

Förutsättningarna för ett större genomslag och snabbare spridning genom projektet anses mycket goda genom DHLs och övriga transportörers interna hållbarhetsmål, kunders och städers krav och mål samt kostnadsutvecklingen för laddsystem, fordon och batterier. DHL har internt utvecklat, tillverkat och driftsatt 11.000 st helelektriska distributionsfordon i Tyskland. Svenska åkerier investerar redan nu i elektriska fordon och svenska underleverantörer kan leverera komponenter till lösningen samtidigt som energibolag visar stort intresse för att investera och ha driftansvar för denna typ av systemlösningar. Detta projekt svarar genom sin projektgrupp och lösning upp med en systemlösning för att på ett robust och ekonomiskt skalbart sätt erbjuda primärladdning för elektriska distributionsfordon. Resultaten är generellt överförbara till övriga stora transportbolag med terminalverksamhet.

Datainsamling/loggning av körcykler för samtliga de fordon som trafikerar Västbergaterminalen och som planeras bli föremål för automatisk laddning. Insamlade data behövs för att genom simulering bestämma de enskilda fordonets energibehov och tänkbara laddningsmönster. Här ingår också att fastställa huvudsakliga laddplatser vid DHL-terminalen och på andra ställen för de fordon som inte stannar på DHL's terminal nattetid. Vidare ingår här fastställande av hur stor del av terminalens takyta som kan användas för solcellsinstallation. Slutligen ingår att fastställa terminalens övriga elektriska energi- och effektbehov samt anslutningsbegränsningar till elnätet.

Timupplöst data för hela året av fordonens energianvändning (huvudsakligen diesel) och typiska körcykler med markering av vilka tidpunkter som lämpar sig för laddning. Kartläggning av var nattladdning bör ske. Timvärden för terminalens energiförbrukning. Baserat på loggade mätdata från AP3 byggs en modell för hur effektuttaget för laddning varierar över året, med timupplösning och en viss slumpmässighet. Denna modell kompletteras med en modell för övrig elförbrukning (paketbanor, värme, ventilation, belysning mm) i samma godsterminal. Vidare modelleras kapaciteten till generering av elenergi från solceller placerade på godsterminalens tak med hjälp av PVGIS [8] eller liknande verktyg med timupplösning under flera år för att representera årliga variationer.

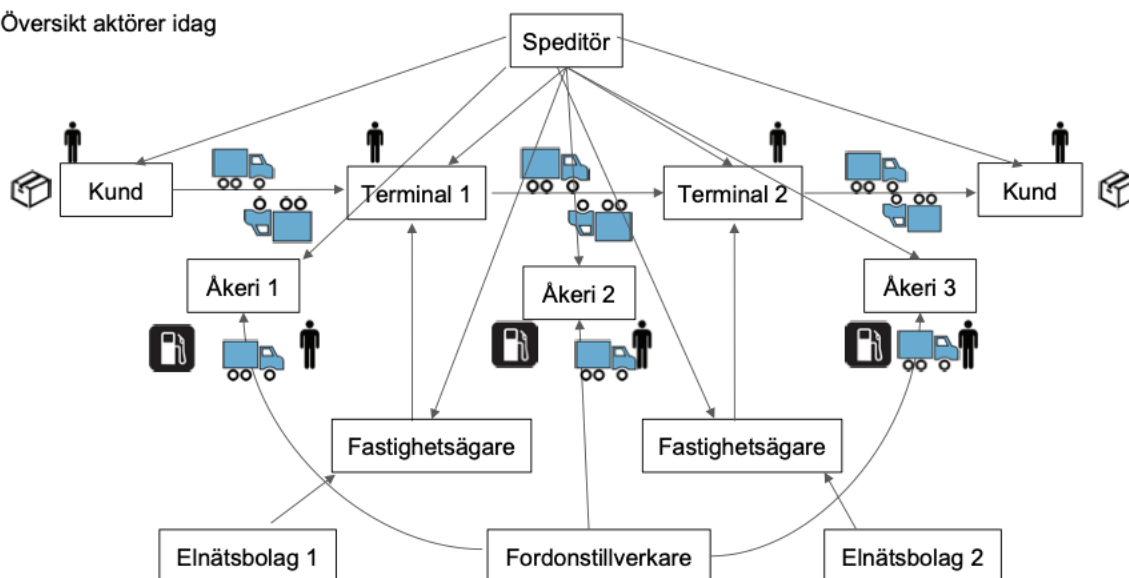
Genom simulering bestäms hur storleken på en solcellsinstallation, tillgången på elnätseffekt, behovet av laddning av lastbilar samt behovet av annan elkonsumtion balanserar och hur stort lokalt elektriskt energilager, samt hur mycket tillskottsladdning (ej vid terminalen) som behövs för att säkra tillgång på el vid alla tillfällen. Energilagrets livslängd som funktion av den cykling det genomgår beräknas. Baserat på dessa modeller görs känslighetsanalyser m.a.p. körsträckor, laddtider, livslängd för energilager mm. Slutligen bestäms och föreslås en kombination av solcellsinstallation, lokalt elektriskt energilager (i batteri och ev vätgas) och en styrfilosofi för hur dessa skall användas optimalt. Detta sker i samarbete med AP 5 (projektering) och AP2 (affärsmodeller).

Den förväntade systemlösningen består av elsystem med hög teknisk mognad (solceller, battericontainrar, energistyrssystem TRL8-9) men också system med lägre TRL-nivå, t.ex automatisk laddfunktion (TRL 6) samt den gemensamma energistyrning som krävs (TRL 3-4).

Affärsmodeller

Den främsta påverkan på affärsmodeller ligger i värdenätverket och värdefördelningen. Det innebär att förändringar i affärsmodeller främst påverkar hur värde skapas och fördelas mellan olika aktörer inom en bransch. Det kan innebära att vissa aktörer tar över funktioner från andra och erbjuder nya tjänster, som i fallet med speditorsbolaget som tar över laddningstjänster från bränslebolag.

Översikt aktörer idag



Denna elektrifiering har en bredare påverkan på flera aktörer inom branschen. Det kan skapa osäkerheter kring investeringar, betalningsmodeller och teknisk kompetens eftersom övergången till elektriska fordon kräver omställning och anpassning av infrastruktur och företagsprocesser. Det är möjligt att aktörer behöver investera i nya laddningsstationer och laddningsinfrastruktur, och det kan finnas osäkerheter kring vilka betalningsmodeller som är mest effektiva och hållbara i en elektrifierad bransch. Dessutom kan det finnas behov av att utveckla teknisk kompetens för att hantera de nya elektriska fordonen och infrastrukturen.

I och med elektrifieringen kan värdefördelningen förändras när vissa funktioner och tjänster tas över av nya aktörer. I det här fallet nämns att speditorsbolaget tar över funktioner från bränslebolagen och erbjuder laddningstjänster. Det kan innebära att kostnader och ansvar för laddinstallationer fördelas på ett annat sätt mellan aktörer som speditörer, åkare och fastighetsägare. Det kan vara en komplicerad fråga att lösa och kräva förhandlingar och överenskommelser mellan olika parter.

För att underlätta övergången till elektrifiering och hantera de förändringar som sker i branschen krävs förståelse för olika aktörers roller och hur beslut och regleringar påverkar dessa aktörers förutsättningar. Det kan vara viktigt att skapa policyramverk och regleringar som stödjer och främjar elektrifieringen samtidigt som man beaktar olika aktörers intressen och behov. Subventionssystem kan också spela en roll i att underlätta investeringar och övergång till elektriska fordon.

Affärsmodellernas påverkan ligger främst i värdenätverket och värdefördelningen, medan det grundläggande värdeerbjudandet förblir relativt oförändrat. Elektrifieringen påverkar fler aktörer och skapar osäkerheter kring investeringar, betalningsmodeller och teknisk kompetens. Vad gäller värdefördelningen så förändras den när speditorsbolaget tar över funktioner från bränslebolagen och erbjuder laddningstjänster. Fördelningen av kostnader och ansvar för laddinstallationer blir en komplicerad fråga mellan speditörer, åkare och fastighetsägare. För policy, regleringar och subventionssystem krävs förståelse för olika aktörers roller och hur beslut påverkar förutsättningar för de olika aktörerna.

Nätbolag:

Värdeerbjudande:

Erbjudandet från nätbolag är i grunden att distribuera el till elkonsumenter genom elnätet. Med en ökad elektrifiering i samhället betyder att deras värdeerbjudande utvecklas mot att leverera ökad effekt, men är begränsade av befintliga installationer och övriga nät.

Värdeproduktion:

För att kunna erbjuda högre effekt samarbetar nätbolaget med transmissionsnätsägare och regionnät. Detta arbete är komplext och innebär långa projektider, projektering samt tillståndsgivning. Prioriteringar mellan olika projekt kan också vara en utmaning.

Värdefördelning:

Nätbolag är reglerade av Energimarknadsinspektionen (EI). Det innebär att man måste hantera betalmodeller enhetligt, och att man behöver godkännande av nya innovativa lösningar från Ei.

Fastighetsbolag

Värdeerbjudande:

Målet om att arbeta med elektrifierade fastigheter, begränsas på grund av befintliga säkringar. Men bolagen är flexibla och anpassningsbara beroende på krav från hyresgäst och kontraktslängd. Företaget strävar efter att bidra till en mer hållbar framtid och följer övergripande företagsstrategi som överensstämmer med hållbarhetsmål.

Värdeproduktion:

Företag kan skapa värde både tillsammans med hyresgäster genom investeringar i elektrifiering eller genom egna investeringar utan hyresgäster. Dessutom kan företag hjälpa till att identifiera möjligheter att öka energieffektiviteten och minska kostnader.

Värdefördelning:

Värdefördelningen baseras på kontrakt och följer en kund-leverantörsmodell där företaget strävar efter att skapa en vinn-vinn situation för båda parter.

Åkeri

Värdeerbjudande:

Företag ser ett krav på användning av elektriska fordon för att säkerställa fossilfria transporter. Detta bidrar till att minska miljöpåverkan och främja hållbarhet i transportbranschen.

Värdeskapande:

Företaget behöver samarbeta med fordons- och speditörsföretag för att utveckla elektriska fordon, laddnings- och transportlösningar som passar deras behov. De kan också investera i en egen fordonsflotta baserat på befintliga elektriska fordon. Det finns dock en brist på antal tillgängliga elfordon som man kan anskaffa.

Värdefördelning:

Företaget förväntar sig stora investeringar och höga initiala kostnader för att genomföra elektrifieringen. De kan välja att arbeta med leasingbolag för att hantera stora investeringar. Dock baseras betalningen på ett kontrakt som följer en kund-leverantörsmodell. Målet är att skapa en vinn-vinn-situation för både företaget och dess kunder.

7 Spridning och publicering

Resultaten avses spridas inom olika kanaler:

1. Akademiska publikationer gällande både systemlösningen och affärsmodellerna.
2. Konferenser, seminarier och genom närliggande forum såsom Drive Sweden (referensgruppen).
3. Spridning genom projektparters kanaler såsom Sustainable Innovations hållbarhetsarena i Almedalen och projektdeltagarnas seminarieverksamhet.
4. Generell spridning i traditionella och sociala media, både breda kanaler och nischade genom direkta kontakter samt pressreleaser genom newdesk-tjänst.

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Kunskapsuppbyggnad har skett både intern hos DHL samt för andra speditörer, åkerier, elnätbolag m fl intressenter genom den samverkan som skett med dessa parter inom projektet. Vidare har kunskapslyft skett genom projektets spridningsaktiviteter, publicera och akademiska publikationer (se bilagor).
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Ett nytt projekt har söpts hos FFI gällande laddmatrislösning som uppföljning på detta projekt.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Publikationer

5. Ett utökat abstract med titeln "An economic assessment of the terminal electrification for the logistics company" för konferensen "The 14th IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG) 2023" har lämnats in: Mötet kommer att hållas i Shanghai, Kina, 9-12 juni 2023.
6. En tidskriftsartikel med titeln "The optimal capacity expansion planning for the terminals of the logistics company" lämnas in till IEEE Transactions on Transportation Electrification.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Teknisk systemlösning

Detta projekt omfattar ekonomisk analys av elektrifiering av terminaler för olika lösningar med varierande teknik och deras kombinationer för expansionsplanering analyseras och utformas.

Flera slutsatser kan dras:

- 1) Att förstärka nätanslutningen till det lokala distributionsnätet genom att lägga till en ny transformator och annan hjälputrustning är alltid den optimala lösningen.
- 2) Installation av solceller är lönsamt med nuvarande elpris och politiska incitament.
- 3) När batteripriserna sjunker till 500 kr/kwh kommer batteriet som lagringskälla att vara lönsamt, vilket bevisas av känslighetsanalysen av batteripriserna.
- 4) Batteriet och vätgaslagringssystemet är önsesidigt utbytbara men med olika priser. Batterier är pga lägre åpris och högre verkninggrad mer lönsamma än vätgaslagringssystemet.
- 5) Energihanteringsstrategin påverkar mycket på dimensioneringsresultaten, vilket kan observeras genom jämförelsen av energihanteringsstrategin. Optimeringsstrategin har lägre totalkostnad än RBS.

Att delta på elmarknaden, leverera hjälptjänster (reservtjänst för frekvensbegränsning), smart laddning genom laststyrning och fordon till nätet kommer att studeras i framtida forskning.

Affärsmodeller

Den stora påverkan på affärsmodeller mellan de studerade aktörerna sker därmed inte vad gäller det grundläggande värdeerbjudandet utan i stället i samverkan i värdenätverket och i värdefördelning av värde mellan aktörer i ekosystemet. Denna aspekt är synnerligen viktigt eftersom det är många fler aktörer som påverkas av elektrifieringen och att det finns oklarheter i termer av investeringar, betalmodeller och tekniskt kunnande.

Värdefördelningen mellan de studerade aktörerna kommer att förändras där speditorsbolaget dels kommer att ta över en del av bränslebolagens roll i skapande av värde där en speditörerna kommer att gå från att bara köpa in tjänster från åkerierna, men även framöver sälja tillfällig och destinationsbaserad laddning med mellanhög effekt. Ett nytt förhållande där värdefördelningen mellan speditör och åkeri får ytterligare en komponent att ta in i förhandlingar om långsiktig samverkan.

Därutöver blir frågan om laddpunktsinstallationer vid transportnoder med tillgång till effekt en komplicerande fördelningsfråga framöver mellan speditörer - och även åkerier vid deras egna anläggningar - och fastighetsägare. Fördelning av kostnader för installation, borttagande eller värde om installationen blir kvar när en speditör lämnar en fastighet. En viktig komponent för denna värdefördelning är tidsperspektivet i samverkan genom kontrakt eller större inlåsnings av speditör - ibland benämnt hyrestagarens lojalitet.

För att arbeta med policy, regleringar och möjliga subventioneringssystem är det av vikt att skapa en djupare förståelse för olika aktörsroller och därmed vad olika beslut kan få för effekter på förändringar mellan aktörer i nätverket.

Sammanfattande analys.

Värdeerbjudandet mellan de undersökta aktörerna påverkas inte i en större utsträckning. Elektrifiering av fordonsflottan möjliggör för företag att erbjuda hållbara och fossilfria godstransporter. Det grundläggande erbjudandet kvarstår, vilket är att leverera produkter och gods från punkt A till punkt B. Leveransstrukturen kan dock påverkas av förutsättningarna för elfordon och laddning av elfordon, vilket inverkar på ledtider och leveranstidpunkter. Det är dock oklart hur produktägare och andra kunder skulle se på dessa förändringar. Vad som däremot är klart är att det inte i egentlig mening finns ett alternativ. Att inte kunna erbjuda mer hållbara och fossilfria - eller ofta diskuterade som koldioxidfria - transporter är inte ett alternativ över huvud taget.

Värdeskapandet och värdefördelning kan påverkas i större utsträckning. Olika aktörer i nätverket har olika roller i utveckling samt i produktionen av värdet. Aktörerna har också olika prioriteringar och förutsättningar till omställningen till en elektrifierad fordonsflotta. Nätbolagen har ett starkt beroende till andra nätägare, som transmissionsnät (Svenska kraftnät) eller regionnät, där man är även bunden av den reglering som ska hantera det naturliga monopol som elnät utgör. Elnätsbolagen behöver även prioritera mellan olika investeringar.

Fastighetsbolagen är drivna av effektivisering av sina tillgångar, och styr ofta mot avkastning på investerat kapital, men där man ofta saknar kunskap om vad elektrifiering kan skapa i termer av ökat fastighetsvärde eller i möjlighet till ökade hyresintäkter samt ökad kundlojalitet hos hyrestagaren som blir mindre benägen att byta lokal då även laddfrågan för fordonen behöver lösas vid flytt av verksamhet. Utöver nätbolag och fastigheter står åkerier inför stora investeringar i deras fordonsflotta vid elektrifiering av tunga fordon. Om inte fordon kan bytas antingen pga kapitalbehov eller fordonsbrist innebär det en försening av elektrifieringen.

Vad som är tydligt är dock att krav på samarbete mellan olika aktörer är av stor vikt för att kunna hantera de olika prioriteringar som aktörer har och att kunna skapa affärsmodeller som uppfyller de krav som olika aktörer behöver förhålla sig till. Här blir det av yttersta vikt att affärsmodeller utformas med den långsiktighet som behövs för elektrifieringens kapitaltunga investeringar, vilka i många fall kommer att utföras hos aktörer med ofta mindre omsättning och vinstmarginal - åkerierna. Långsiktiga kontrakt behövs mellan involverade aktörer om värdefördelning så att den totala ägandekostnaden och investeringen kan räknas hem.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Projektet leds och koordineras av Sustainable Innovation genom en projektledningsgrupp där respektive arbetspaketsledare ingår samt att projektledningen även kommer bedrivas i underprojektgrupper samt större insatser i de mer omfattande arbetspaketen.

Projektets styrgrupp består av en representant från respektive projektdeltagare och ansvarar för avvikelser, milstolpar och strategiska/större övriga beslut. Båda grupperna sammanträder kvartalsvis.

LTH ansvarar för modellering och simulering av alla fordon, deras energianvändning och laddbehov, liksom för modellering av lokal generering och lagring av el samt elnätspåverkan. LTH är specialiserade på elektrisk och elektromekanisk energiomvandling och mycket involverad inom elektromobilitet, vad gäller drivteknik, laddningsteknik och dess funktion i samhället.

DHL Freight bedriver en omfattande gods- och terminalverksamhet där vägtransporter står för huvuddelen. DHL har sedan många år deltagit i en mängd olika projekt för att testa ny teknik och har bland annat producerat egna elvans i Tyskland (ca 11.000) och har höga ambitioner gällande elektrifiering av i första hand “first & last mile” transporter.

Catena utvecklar framtidens logistikfastigheter i ett komplext och föränderligt ekosystem. Fokus är att planera och optimera flöden genom digitalisering, artificiell intelligens och automation. Catena ser samspel och ökad transparens är en nödvändig förutsättning att öra ett fungerande samhälle där gods och varor som förflyttas hela tiden måste vara optimalt placerade i logistiknätverket för att möta krav på tidsleverans, kostnad och klimatavtryck.

Elonroad är ett innovativt tech-bolag som utvecklat och distribuerar en plattformslösning för stationär och dynamisk laddning som omfattar både mjukvara och hårdvara. Bolaget har i nära samarbete med LTH tagit fram flera patenterade lösningar för att möjliggöra elektrifiering utav fordon med minskat behov av batterier. Elonroad är teknikleverantör till Evolution Road som byggt en större demonstrationspilot för elektrifiering av en buss i Lund. ElonRoads tekniska plattform (elvägskomponenter, avtagare till fordon samt mjukvaruplattform) är en del av lösningen.

Sustainable Innovation är projektets koordinator och är även koordinator för projektet som föregår detta projekt delfinansierade av FFI: “Fullelektrisk Godsdistribution” [13], samt Energimyndigheten: ”Batterilager för offentliga och kommersiella lokaler”, (P 42 907-1), ett projekt omfattande projektering och implementering av fullskalig lösning med solceller, batterilager, elbilsaddning samt energistyrssystem i Askersund. Vidare leder Sustainable Innovation med ITRL på KTH för Drive Sweden Business Model Lab vars nätverk nyttiggörs inom detta projekt.