

Elektrifiering av tunga vägtransporter – mycket mer än teknik

Adam Uhrdin (KTH), Henrik von Hofsten och Daniel Noreland
(Skogforsk)



Innehåll

| | |
|---|-----------|
| Förord | 4 |
| Sammanfattning..... | 5 |
| Summary..... | 6 |
| Inledning | 7 |
| Bakgrund..... | 7 |
| Fallbeskrivning | 7 |
| Arbetsprocess och metod | 9 |
| Avgränsningar | 11 |
| Teoretiskt ramverk: Affärsmodeller och affärsekosystem | 12 |
| Affärsmodell | 12 |
| Affärsekosystem | 13 |
| Resultat: Ekosystem och affärsmodeller för möjliggörande av eldriven lastbilstransport | 15 |
| Det etablerade ekosystemet för transporter..... | 15 |
| Det nya ekosystemet för transporter | 17 |
| Utmaningar för omställningen till ett nytt ekosystem för transporter..... | 19 |
| Minskad flexibilitet | 19 |
| Osäkerhet vid investering kring teknikutveckling och total ägandekostnad | 19 |
| Fluktuerande elpriser och elnätsavgifter..... | 20 |
| Behov av förändrade transportprocesser för elfordon | 20 |
| Ökat behov av cirkulära materialflöden | 21 |
| Möjliggörare för omställningen till ett nytt ekosystem för transporter | 21 |
| Anpassade kontraktstider..... | 21 |
| Andrahandsvärde: Modeller för lastbilens och batteriets end-of-life | 21 |
| Kostnad- och betalningsmodell för ellastbil och laddning..... | 22 |
| Optimering av rutter och laddning med avseende på elnätsbelastning, laddinfrastruktursnyttjande och logistiksystem | 23 |
| Anpassade transportprocesser | 23 |
| Långsiktig planering av elektrifiering | 24 |
| Analys av laddningsbehov – en generisk modell | 24 |
| Sammanfattade rekommendationer | 26 |
| Referenser | 26 |



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 13 april 2023
Gert Andersson, programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef,
granskat och godkänt publikationen för publicering den 14 juni 2023.

Redaktör: Charlotte Hessulf, charlotte.hessulf@skogforsk.se
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

Förord

Projektet är ett fortsättningsprojekt på Skogforsks projekt ETTdemoFlis och har genomförts i samarbete mellan KTH, Skogforsk och Söderenergi med ekonomiskt stöd från Vinnova.

En förutsättning för projektets genomförande har varit workshop- och intervjudeltagande från en rad olika organisationer, där vi vill rikta ett särskilt tack till Eways, FORIA, O. Lindqvist Transport AB, samt Scania.

Adam Uhrdin och Henrik von Hofsten

Sammanfattning

Syftet med denna studie har varit att analysera vad som krävs för att skapa ett hållbart ekosystem av aktörer för att möjliggöra elektrifiering av tunga vägtransporter.

Studien visar på ett antal angelägna områden att betänka vid elektrifiering av en transport i syfte att skapa en hållbar affärsmodell. Några av de viktigaste aspekterna är:

- Anpassade kontraktstider för transportuppdraget
- Nya modeller för lastbilens och dess batteriers livscykelhantering
- Nya kostnads- och betalningsmodeller för ellastbil och laddinfrastruktur
- Optimering av rutter, transportprocesser, och laddning med hänsyn till elnätsbelastning, nyttjande av laddinfrastruktur och transportsystemet
- Långsiktig planering av elektrifiering.

Genom att utveckla planer med samtliga av dessa aspekter i åtanke kan oönskade följd effekter undvikas och en omställning till eldrivna transporter gå så smidigt som möjligt för samtliga nyckelaktörer i ekosystemet.

Studiens praktiska fokus låg på elektrifiering av en 98-tons fordonskombination som ska gå i skytteltrafik med bränsleflis från en logistikhubb i Nykvarn till värmeverket Igelstaverket i Södertälje, en sträcka på cirka 21 km.

Teoretiskt fokus i studien var

- vilka värdeerbjudanden som krävs av olika aktörer för att möjliggöra elektrifiering
- hur hållbara affärsmodeller kring dessa värdeerbjudanden kan skapas
- hur affärsmodellerna hänger samman i ett ekosystem för elektrifierade transporter
- utmaningar kopplade till förändringar och omställning av affärsmodeller och affärsekosystem.

I rapporten utvärderas potentiellt hållbara lösningar från ett affärsperspektiv för samtliga aktörer som är vitala för utvecklingen av ett fungerande affärsekosystem. Även om vi fokuserat på en specifik transport förväntas många aspekter i studien vara överförbara till andra liknande transporter. Den enskilda transporten bör också ses i ett större sammanhang där en omfattande omställning av transportsektorn förväntas från petroleumdrift till eldrift.

Summary

The aim of this study was to analyse what is needed to create a sustainable ecosystem of actors to enable the electrification of heavy road transport.

A number of areas must be considered when electrifying transport in order to create a sustainable business model. These include:

- Adapted contract times for the transport assignment
- New models for truck and battery lifecycle management
- New cost and payment models for electric trucks and charging infrastructure.
- Optimisation of routes, transport processes, and charging with regard to electricity grid load, utilisation of charging infrastructure, and the transport system
- Long-term planning of electrification

By developing plans with all of these aspects in mind, undesirable knock-on effects can be avoided, and a shift to electric transport can be as smooth as possible for all key players in the ecosystem.

Practical focus was on how a 98-tonne vehicle combination transporting wood chips from a logistics hub in Nykvarn to the Igelstaverket heating plant in Södertälje could be electrified. The distance from the terminal in Nykvarn to Igelstaverket was 21 km.

Theoretical focus was on:

- what value propositions are required by different actors to enable electrification?
- how sustainable business models can be created that consider these value propositions
- how the business models are connected in an ecosystem for electrified transportation
- challenges linked to changes and transformation of business models and ecosystems

The study evaluated potentially sustainable solutions from a business perspective for all key actors in developing a functioning business ecosystem. Although a specific transport was analysed, many aspects are expected to be transferable to other similar transports. The transport must also be seen within a context of an anticipated major transition of the transport sector from a petroleum-based to an electricity-based system.

Inledning

Bakgrund

Elektrifiering är inget nytt samhällsfenomen. Ända sedan 1880-talet har samhället tagit steg mot att använda elektricitet inom allt fler områden (Hughes 1983). Dock har ämnet åter aktualiserats i och med teknisk utveckling inom förnyelsebar energiproduktion och energilagring samt nya upptäckter kring kopplingen mellan växthusgasutsläpp och global uppvärmning.

Elektrifiering i kombination med en övergång till grön elproduktion ses som en potentiell väg mot ett mer hållbart samhälle. Vägtransporter ses som ett av många lovande områden där potentialen för utsläppsminskningar genom elektrifiering är stor. Men omställningen av olika transportslag och fordon innebär också svåra utmaningar. Medan omställningen till eldrivna personbilar går snabbt, finns det ännu få eldrivna tunga lastbilar på våra vägar.

Denna diskrepans beror främst på skillnader mellan hur dessa fordon används. Medan en personbil vanligen körs korta sträckor, är långt ifrån sin maximala lastvikt och står stilla 96 % av tiden (Gullberg 2015) så kräver en lastbil hög fyllnads- och sysselsättningsgrad för att vara ekonomiskt försvarbar. Detta medför att en eldriven personbil har möjlighet att stå och ladda under lång tid och sällan riskerar att ladda ur helt, medan för en eldriven lastbil måste laddningstillfällena optimeras och det kan dessutom ofta krävas snabbbladdning. Dessutom bidrar tunga batterier till att minska den tillgängliga lastvikten för ett eldrivet fordon.

Trots detta finns tekniken för att elektrifiera även många tunga vägtransporter för den som är tillräckligt motiverade att reducera sina koldioxidutsläpp. En omställning till eldrivet har förvisso stor påverkan på inblandade verksamheter vilket gör en omställning komplex men med ett nytt sätt att tänka kring logistikupplägg och affärsmodeller kan elektrifieringen påskyndas. Dock finns i regel krafter som motverkar förändring av etablerade system. Invanda mönster gör det svårt att förändra sin verksamhet, framför allt inom komplexa system såsom transportindustrin där en mängd olika aktörer är ömsesidigt beroende av varandra. Förändringar i en aktörs verksamhet har därför följder för andra aktörers verksamheter på ett sätt som är svårt att överskåda.

Genom att analysera rådande förutsättningar för transporter och nya förutsättningar i och med en omställning till eldrivet, syftar denna studie till att:

- belysa vilka nya affärsmodeller samt vilka förändringar av affärsmodeller som kan komma att krävas för att möjliggöra elektrifiering
- belysa kritiska utmaningar och möjliggörare för framväxten av ett nytt ekosystem för elektrifierade transporter.

Fallbeskrivning

Transporter av träddränslen från skogsindustrin sker i de flesta fall i form av flis som transporteras av sidotippande fordonskombinationer (Enström m.fl. 2021). Söderenergis kraftvärmeverk Igelstaverket, är bland Sveriges största bioeldade kraftvärmeverk och producerar årligen cirka 1,7 TWh, vilket motsvarar en förbrukning av två miljoner kubikmeter bränsle i form av flis. Omkring hälften av detta kommer direkt till Igelstaverket med båt. Den andra hälften tas in till ungefär lika stor andel med tåg respektive lastbil.

Bränslet som anländer med tåg lastas först av vid den närliggande järnvägsterminalen i Nykvarn för att sedan transporteras de sista två milen med lastbil, då det inte var möjligt att bygga terminalen närmare kraftvärmeverket. Flisbilar går därför i daglig skytteltrafik denna sträcka (Enström m.fl. 2021).

I det tidigare projektet EttDemoFlis (Enström m.fl. 2021), beskrivs transporten med försöksekipaget som är ett så kallat High Capacity Transport (HCT). HCT-fordon inräknar transporter av fordon längre än 25,25 meter och/eller med en bruttovikt över 64 ton, det vill säga med högre kapacitet än vad som i regel är tillåtet i dagsläget (Closer 2021). De huvudsakliga syftena med HCT är att uppnå ökad effektivitet och minskade utsläpp.

Projektet ETTdemoFlis inleddes i oktober 2014, då med ett ekipage på 74 ton som var 25,25 meter långt. Avsikten var att kombinationen skulle vara både längre och tyngre men de nödvändiga tillstånden drog ut på tiden. Ekipaget bestod då av en Scania R730 8×4*4 lastbil samt dolly och påhängsvagn, se Figur 1.



Figur 1. Det ursprungliga försöksekipaget med lastbil, dolly och påhängsvagn. Totallängd 25,25 meter och maximal bruttovikt på 74 ton.

I februari 2020 erhöles de nödvändiga tillstånden och ekipaget kunde byggas ut med en så kallad link mellan lastbilen och påhängsvagnen, därmed blev ekipaget 34 meter långt med en maximal bruttovikt på 98 ton (Enström m.fl. 2021). Men då lastbilen började bli ganska sliten byttes den i maj 2020 mot en ny med Scantias nya 770 hästkrafter starka motor, se bild på försättsblad. I övrigt har den nya bilen samma specifikation som den gamla. Den första bilen kördes i början på RME (Rapsmetylester) men det fungerade inte helt tillfredsställande. Senare övergick man till HVO (Hydretiserade Vegetabiliska Oljor) vilket fortfarande används.

Som ett ytterligare steg i Söderenergis arbete för att minska sitt klimatavtryck har man börjat undersöka möjligheterna för elektrifiering av en mängd olika maskiner och fordon, däribland 98-tonnaren. Elektrifiering av 98-tonsekipaget är unikt och intressant ur flera perspektiv. För bara några år sedan var skepsisen stor mot att det alls skulle gå att köra riktigt tunga transporter helt elektriskt. I samband med Teslas lansering av sin ellastbil – Tesla Semi – framhölls exempelvis att ”den kommer att bli jättebra för att transportera påsar med potatischips” (Edgren 2017). Uttalandet syftade på att lastbilen var väldigt tung och inte skulle kunna bära mycket extra vikt. Men teknikutvecklingen har gått väldigt fort och tanken nu är att ersätta den förbränningsmotordrivna lastbilen med en helt elektrisk drivlina. Det aktuella transportupplägget har unika förutsättningar för elektrifiering.

Den höga maxvikten gör att batteriet utgör en mindre andel av ekipagets totalvikt. Å andra sidan gör den höga vikten att fordonet kommer att förbruka energi i snabb takt.

Att transporten går i skytteltrafik mellan två punkter med endast två mils transportsträcka innebär att transporten trots vikten bör kunna köra flera vändor innan batteriet behöver laddas. Förutsatt att en laddpunkt finns vid åtminstone den ena av destinationerna kommer flera laddningstillfällen att finnas under dagen. Det är dock viktigt att lastbilens produktionsstopp på grund av laddning minimeras för att transporten ska vara ekonomiskt försvarbar.

Järnvägsterminalen i Nykvarn ligger i ett område som håller på att etableras som en betydande logistikhubb i Stockholmsområdet, kallad Stockholm Syd. Både Södertälje kommun och Nykvarns kommun, som Stockholm Syd sträcker sig över, har planer på att möjliggöra elektrifierade transporter till och från denna logistikhubb. En rad större och mindre logistikföretag har redan eller planerar att etablera sig i området. Bland annat har Schenker nyligen etablerat en terminal i området och både PostNord och Budbee har planer på att göra det samma inom en nära framtid (Uhrdin & Engwall 2022).

I andra änden, vid Igelstaverket finns planer på ytterligare elektrifiering av bland annat de interna lastmaskinerna. Vidare har transportköparen Ragn-Sells beslutat att elektrifiera sin asktransport som bland annat hämtar aska vid Igelstaverket. För att möjliggöra detta kommer det krävas en laddpunkt vid Igelstaverket. Detta innebär att det är viktigt att betänka hur elektrifiering av Söderenergis flistransport passar in i ett större sammanhang där elektrifieringen av lastbilstransporter förväntas ta fart successivt med stora konsekvenser för en rad olika aktörer och affärsmodeller.

Med syftet att undersöka förutsättningarna för en eldriven 98-tons fordonskombination går denna studie på djupet och undersöker vilka värdeerbjudanden som ska till för att detta ska möjliggöras samt vilka affärsmodeller som kan möjliggöra dessa värdeerbjudanden. Genom att belysa utmaningar och möjliggörare syftar studien till att ge vägledning kring viktiga aspekter att ha i åtanke vid elektrifiering av enskilda transporter och till viss del även större fordonsflottor.

Arbetsprocess och metod

Analysen baserades främst på fyra typer av kvalitativa data:

1. En **workshop** med representanter från en rad olika verksamheter som påverkas och kan bidra till elektrifiering av tunga transporter, och i synnerhet elektrifiering av Söderenergis flistransport.
2. **Intervjuer** med nyckelpersoner med koppling till Söderenergis elektrifieringssatsning eller som kan komma att få en betydelsefull roll i detta arbete.
3. Guidade **observationer** av Söderenergis anläggningar, både järnvägsterminalen i Nykvarn och Igelstaverket, med fokus på det nuvarande logistikupplägget för flistransport, övriga transporter och möjliga platser för laddning.
4. **Rapporter** samt **tidigare forskningsmaterial** från studier kring elektrifiering av tunga vägtransporter, framför allt studien *Elektrifierade godstransporter Stockholm Syd: Affärsmodeller och affärsekosystem* (Uhrdin & Engwall 2022), där KTH och Söderenergi medverkade.

Från tidigare studier har vi kunnat dra generella lärdomar kring elektrifiering och tillgodogjort oss mer specifik kunskap om förutsättningarna för elektrifiering i Södertälje-Nykvarnområdet.

Observationerna, intervjuerna och workshopen har bidragit med både generell kunskap och specifik kunskap kring Söderenergis flistransport och planeringen av Söderenergis elektrifieringssatsning.

I Tabell 1 och 2 nedan, redovisas vilka som har medverkat i studien. Vi har anonymiserat deltagarna genom att för workshopen endast ange en rollbeskrivning och indikera vilken typ av företag de har representerat, och för intervjuerna genom att ge en rollbeskrivning och koppling till det studerade fallet samt företagsnamn. Projektdeltagarna har dock namngivits i tabellen för transparens.

Den första primärdatainsamlingen genomfördes den 20 maj 2022 genom en workshop med representanter kopplade till elektrifieringen av Söderenergis flistransport samt ett antal andra verksamheter med liknande planer. Vid workshopen diskuterades olika aktörers roller i att möjliggöra elektrifiering med fokus på vilka värdeskapande aktiviteter dessa kunde bidra till, vilka utmaningar eller problem de har, samt hur dessa skulle kunna lösas.

Tabell 1. Deltagare vid den workshop som anordnades i ett tidigt skede av projektet i syfte att sammanställa befintlig kunskap.

| Workshop | |
|--|--|
| Typ av organisation | Roll i organisationen |
| Transportköpare i återvinningsbranschen | Projektledare med fokus på hållbarhetsansvar |
| Logistikoperatör | Projektledare med fokus på hållbarhetsansvar |
| Lastbilstillverkare | Industridoktorand med fokus på affärsmodeller för eldrivna transporter |
| Lastbilstillverkare | Lösningskonceptledare för eldrivna lastbilar |
| Ellastbilstillverkare och tillhandahållare av tjänster för eltransport | Ansvarig för publika projekt och forskningssamarbeten |
| Laddpunktoperatör | Kundansvarig |
| Laddutrustningstillverkare med fokus på elvägar | Projektledare |
| Ingenjörföretag med fokus på hållbarhetsomställningar | Projektledare för parallellt elektrifieringsprojekt |
| Ingenjörföretag med fokus på hållbarhetsomställningar | Drivande i parallellt elektrifieringsprojekt |
| Innovationsföretag med fokus på hållbarhetsomställningar | Projektledare |
| Skogforsk (projektdeltagare) | Daniel Noreland |
| Skogforsk (projektdeltagare) | Henrik von Hofsten |
| KTH (projektdeltagare) | Adam Uhrdin |
| KTH (projektdeltagare) | Mats Engwall |

Observationer vid Igelstaverket och järnvägsterminalen i Nykvarn gjordes den 15 juni 2022. Projektteamet besökte först Igelstaverket och guidades runt till ett antal platser för potentiell laddning, upphämtning och avlämning av avfall samt avfallsförbränning och energiproduktion. Därefter tog sig projektteamet via samma väg som flistransporten går till järnvägsterminalen för en rundvandring kring området där potentiella laddplatser pekades ut.

Under hösten gjordes tio semistrukturerade intervjuer med personer med direkt eller indirekt koppling till Söderenergis elektrifieringssatsningar.

Tabell 2. Intervjurespondenter.

| Intervjuer | |
|--|--|
| Typ av organisation | Roll i organisationen |
| FORIA underleverantör (åkeri) | Delägare samt chef för underleverantör, ansvarig för Söderenergis flistransport |
| FORIA (åkeri och logistikoperatör) | Hållbarhetsansvarig med ett övergripande ansvar för elektrifieringssatsningar inom FORIA |
| Söderenergi (transportköpare) | Logistikchef, drivande i elektrifieringssatsningarna |
| Scania (lastbilstillverkare) | Industri doktorand, fokus på affärsmodeller för eldrivna transporter |
| Scania (lastbilstillverkare) | Senior kundansvarig, ritade möjlig bil |
| Scania (lastbilstillverkare) | Chef för pilotverksamhet för eldrivna transporter |
| Scania (lastbilstillverkare) | Strateg inom pilotverksamhet för eldrivna transporter |
| Scania (lastbilstillverkare) | Chef för partnerskap inom pilotverksamhet eldrivna transporter |
| Scania (lastbilstillverkare) | Ansvarig för e-mobilitet i Sverige |
| Eways (laddpunktsoperatör och laddutrustningsleverantör) | (1) Kundansvarig för transport och distribution; (2) Kundansvarig |

Slutligen har vi använt oss av kunskap från tidigare projekt. Studien *Elektrifierade godstransporter Stockholm Syd: Affärsmodeller och affärsekosystem* (Uhrdin & Engwall 2022) bidrog med omfattande specifik kunskap kring området Södertälje-Nykvarn. Studien behandlar främst framtidsplanerna kring elektrifiering och utbyggnad av området logistikhubben Stockholm Syd samt förberedelser för detta, så som utbyggnad av elnätet. Dessa kunskaper har varit till stor nytta för analysen.

Avgränsningar

Projektet avgränsades till att undersöka förutsättningarna för transport av flis mellan Söderenergis järnvägsterminal i Nykvarn och kraftvärmeverket Igelstaverket i Södertälje. Studien utformades som en förstudie inför en planerad elektrifieringspilotatsning.

Studien grundar sig i de svenska klimatmålen och strävan efter fossilfrihet. Forskningsprojektet syftar därför till att undersöka förutsättningarna för elektrifiering av High Capacity Transports (HCT) mot bakgrund av eldrift som ett potentiellt klimatsmart alternativ till konventionella drivmedel. De specifika förutsättningar som gäller för denna pilotatsning bör tas i beaktande för vidare generaliseringar.

Teoretiskt ramverk: Affärsmodeller och affärsekosystem

I detta avsnitt förklaras två nyckelkoncept som legat till grund för analysen:

- (1) affärsmodell
- (2) affärsekosystem.

Begreppen har vunnit popularitet för att beskriva affärsverksamhetens logik, utformning och ömsesidiga förhållanden till andra affärsverksamheter.

Affärsmodell

Begreppet *affärsmodell* har under de senaste två decennierna tagit en allt större plats i diskussioner kring innovation. En affärsmodell är ett konceptuellt verktyg för att beskriva hur en affärsverksamhet är tänkt att fungera i teorin. Den ger ett konkret sätt att konceptualisera ett företags affärslogik genom att beskriva olika komponenter av dess affärsverksamhet och hur dessa är sammankopplade.

Begreppets popularitet och spridning bland forskare och praktiker har lett till en viss inkonsekvens i hur det används. Populärt används termen ofta synonymt med termen *intäktsmodell*, det vill säga hur ett företag tjänar pengar, till exempel genom prenumeration, enhetsförsäljning eller uthyrning. Den dominerande uppfattningen är dock att begreppet ska ses som ett bredare koncept som beskriver hur ett företags strategi operationaliseras för att skapa värde åt sina kunder och kapitalisera på detta.

Den mest välkända konceptualiseringen, Osterwalder och Pigneurs (2010) "Business Model Canvas", beskriver en affärsmodell i nio huvudsakliga element, nämligen ett företags:

1. kundsegment
2. värdeerbjudande
3. kanaler
4. kundrelationer
5. intäktsflöden
6. nyckelresurser
7. nyckelaktiviteter
8. nyckelpartners
9. kostnadsstruktur.

Fokus ligger på hur dessa element av affärsmodellen hänger samman. Andra konceptualiseringar, såsom "Lean Canvas", innefattar andra element. Den här typen av ramverk är praktiska i många fall men de ger ofrånkomligen en förenklad bild av den affärsmodell som analyseras.

Ett mer generellt sätt att beskriva en affärsmodell som blivit vedertaget bland forskare är att den består av tre huvudsakliga delar:

1. *Värdeerbjudande* - vilket innefattar de produkter eller tjänster som ett företag erbjuder sina kunder.
2. *Värdeskapande* – det vill säga hur detta värde förverkligas i samarbete med företagets partners och kunder.
3. *Värdefångst* – det vill säga hur företaget kapitaliserar på det skapade värdet.

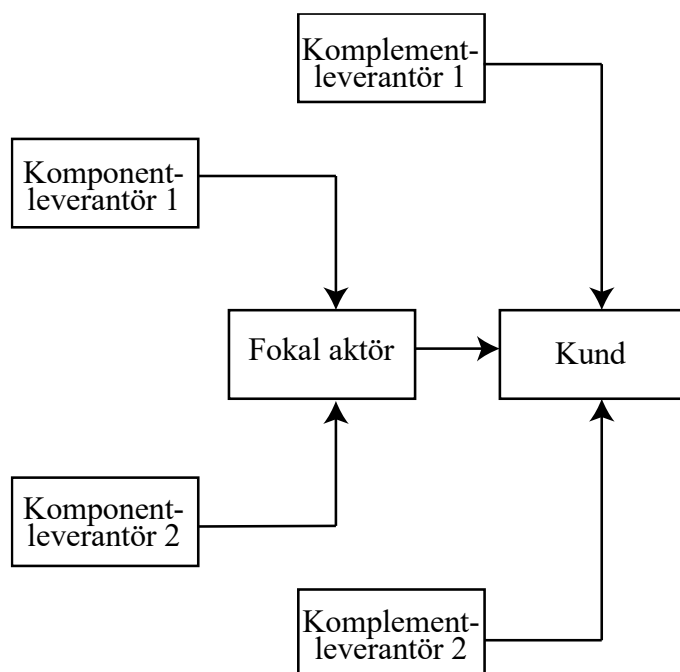
Av dessa tre komponenter är värdeerbjudandet mest centralt. Ett värdeerbjudande är tätt sammankopplat med ett företags produkter eller tjänster, men har en djupare innebörd än så. Det beskriver vad det är kunden betalar för och innefattar aspekter utöver det praktiska värdet såsom emotionellt värde och socialt värde. Till exempel skulle biltillverkaren Teslas värdeerbjudande kunna beskrivas som ett färdmedel som låter ägaren röra sig bekvämt, fritt och smidigt mellan olika platser, transportera varor, med mera. Denna beskrivning fokuserar på praktiska aspekter som många bilar erbjuder. Därutöver tillkommer sociala och emotionella värden såsom status och känslan av att bidra till minskade växthusutsläpp, värden som Teslas kunder kan vara redo att betala en premie för jämfört med andra liknande bilmodeller.

Affärsmodeller är ofta sammanlänkade och innefattar aktiviteter och resurser utanför ett företags gränser. Olika kompletterande erbjudanden kan vara ömsesidigt beroende av varandra för att åstadkomma värde för en kund. En affärsmodell tar dock alltid utgångspunkt i en specifik aktörs värdeerbjudande. Det går inte att diskutera affärsmodeller för aggregat av organisationer såsom en industri eller ett affärsekosystem. Begreppet *affärsekosystem* kan dock användas för att beskriva hur olika företags värdeerbjudanden och affärsmodeller hänger samman.

Affärsekosystem

Likt begreppet *affärsmodell* har begreppet *affärsekosystem* blivit populärt att använda vid diskussioner kring innovation. Ekosystemmetaforen populariserades genom James Moores artikel *Predators and prey: A new strategy for competition* (1993). I artikeln används en rad jämförelser med ekologiska ekosystem för att beskriva hur företagsstrategi kan ses i en bredare kontext. Moore beskriver hur företag ingår i en affärsmiljö i ständig förändring. För att anpassa sig till den föränderliga miljön måste ett företag utvecklas tillsammans med andra aktörer i ekosystemet och agera när dess nisch utmanas av nya arter. En framgångsrik strategi karaktäriseras av proaktiv och ömsesidig utveckling av förmånliga relationer med andra aktörer såsom kunder, leverantörer, komplementleverantörer och konkurrenter. Ett ekosystem kan spänna över flera industrier och branscher och ger på så vis ett nytt sätt att se på hur företag hänger samman.

En annan mer specifik conceptualisering av affärsekosystem som under det senaste decenniet har utvecklats av främst forskarna Ron Adner och Rahul Kapoor (2010, 2016), som vi använder oss av i den här studien, bygger på att beskriva hur olika värdeerbjudanden hänger samman genom att ingå som komponenter i, eller som komplement till andra värdeerbjudanden. Med hjälp av detta koncept kan ett ekosystem förenklat beskrivas enligt Figur 2.



Figur 2. Teoretisk ekosystemmodell (Adner & Kapoor 2010).

Likt affärsmodellskonceptet utgår detta ramverk från en fokal aktör (den aktör som står i fokus) och dess värdeerbjudande (det fokala värdeerbjudandet) till en kund. Detta illustreras i Figur 2 där aktörer representeras av boxar och värdeerbjudanden representeras av pilar. Det ska poängteras att vem som väljs ut som fokal aktör i analysen är helt och hållet upp till utföraren och det går utmärkt att upprepa analysen med fokus på en annan aktör.

Centrerat kring det fokala värdeerbjudande kan sedan ekosystemet delas upp i två delar:

1. Värdeerbjudanden uppströms det fokala värdeerbjudandet som riktas till den fokala aktören och ingår som komponenter som möjliggör att detta värdeerbjudande kan realiseras.
2. Kompletterande värdeerbjudanden nedströms det fokala värdeerbjudandet som erbjuds till den fokala aktörens kund och som gör att kunden kan tillgodose sig det potentiella värdet som den fokala aktören erbjuder.

Det här sättet att analysera de ömsesidiga förhållandena mellan olika aktörer och deras värdeerbjudanden är särskilt användbart när förändringar sker i ekosystemet, till exempel när ett nytt värdeerbjudande introduceras. Genom att skifta fokus mellan olika aktörer (det vill säga byta fokal aktör i analysen) och identifiera dess viktigaste beroenden uppströms och nedströms kan ekosystemmodellen expanderas och pusslas ihop. Genom att fördjupa sig i hur affärsmodellerna för olika aktörer i ekosystemet är utformade och hänger samman går det att identifiera eventuella intressekonflikter och spänningar som kan hindra ekosystemets utveckling.

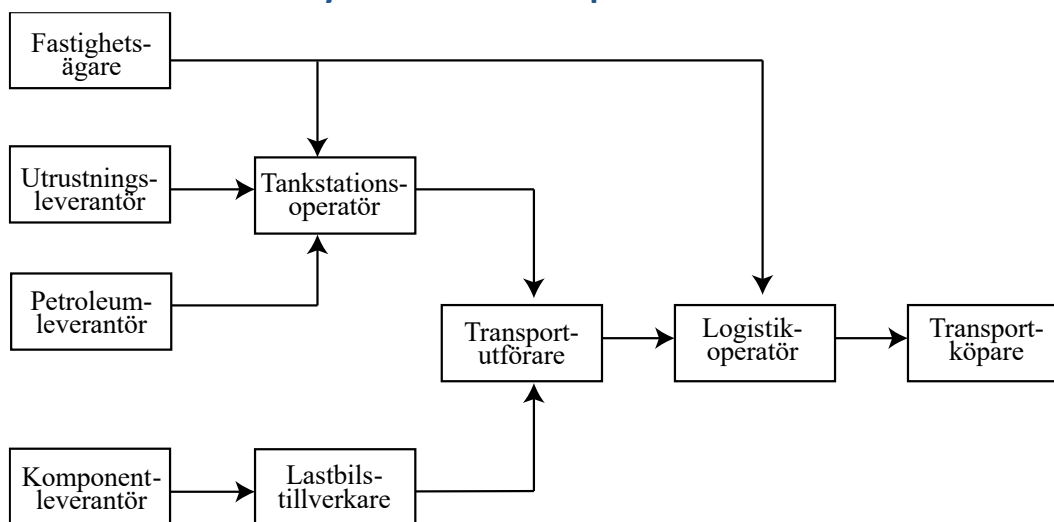
Resultat: Ekosystem och affärsmodeller för möjliggörande av eldriven lastbilstransport

För att möjliggöra elektrifiering av tunga transporter krävs ett skifte i det ekosystem av aktörer och värdeerbjudanden som möjliggör transporter. Nya roller tillkommer medan andra försvinner. Aktörer som tidigare inte har haft en stark koppling till transportindustrin ansluter sig till det nya ekosystemet medan nya aktörer erbjuder helt nya värdeerbjudanden kopplat till laddning, batteritillverkning och batteriåtervinning. Dessutom blir digitala lösningar för optimering allt viktigare på grund av den ökade komplexiteten med varierande effekttillgång och rörliga elpriser samt integrerad rutt- och laddningsplanering.

Förändringarna i affärsekosystemet går hand i hand med förändringar i enskilda aktörers affärsmodeller. Dessa förändringar kan vara större eller mindre och påverka olika delar av aktörens affärsmodell såsom värdeerbjudande, värdeskapande och värdefångst.

Först beskrivs hur ekosystemet för lastbilstransporter kan conceptualiseras samt hur detta ramverk ter sig i det studerade fallet. Därefter beskrivs hur ett sådant ekosystem förändras i och med omställningen till eldrivna lastbilar med ett exempel baserat på den planerade elektrifieringen av Söderenergis flistransport. Med utgångspunkt i den kvalitativa analysen beskrivs sedan de viktigaste utmaningarna vid omställningen från fossildrivna till elektrifierade transporter som resulterat av spänningar mellan olika aktörers affärslogik och affärsmodeller då dessa ska finna nya samarbetsformer. Därpå presenteras en rad möjliggörare som anses generella för elektrifieringsprojekt och som därför kan vara till nytta för elektrifiering av andra transporter än den studerade. Slutligen presenteras en analys av laddningsbehovet för den studerade transporten som bygger på tidigare insamlade data om dess mekaniska effektbehov samt information kring verkningsgrad för elmotorer och batteriprestanda.

Det etablerade ekosystemet för transporter



Figur 3. Schematisk bild av ett etablerat ekosystem för transporter.

Affärsekosystemet för transporter kan förenklat beskrivas enligt Figur 3.

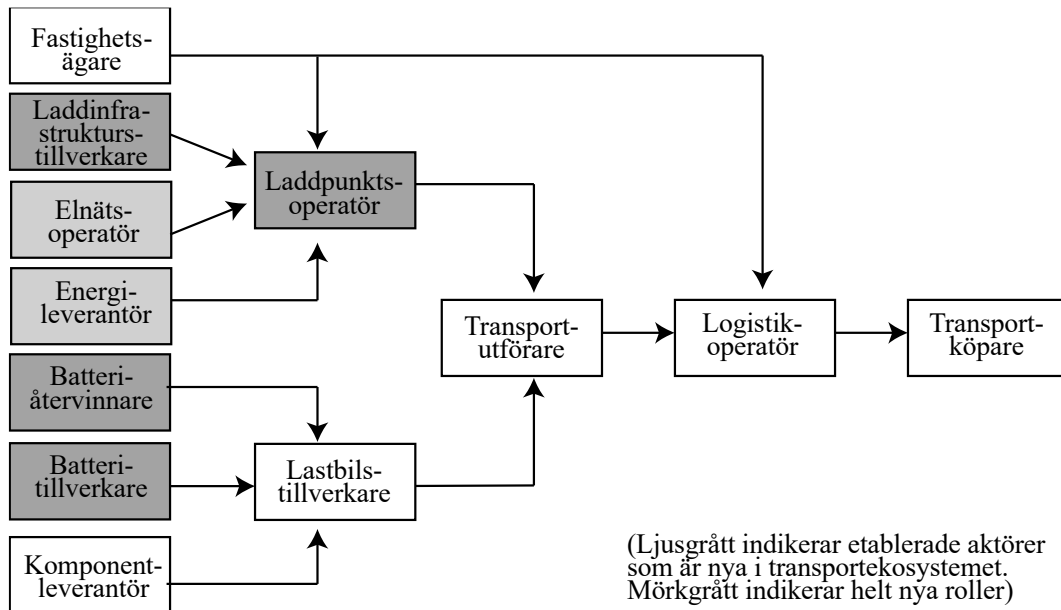
Transportbehovet hos transportköpare är den grundläggande drivkraften som ger upphov till ekosystemets existens och skapar affärsmöjligheter uppströms i ekosystemet. En logistikoperatör anlitas i regel för att ta hand om transportköparens transporter då en specialiserad aktör typiskt sett kan göra detta mer effektivt än transportköparen själv även om vissa transportflöden kan skötas in-house. I denna studie har Söderenergi gett transportuppdraget till FORIA.

Logistikbolag drar nytta av stordriftsfördelar då de kan utföra uppdrag åt flera transportköpare och på så vis maximera beläggningen på sina lastbilar och sin personal. Kontrakten som reglerar uppgörelsen mellan transportköpare och logistikoperatör varierar i längd och innehåll men är oftast kortfristiga i relation till lastbilars avskrivningstid som ofta är på omkring fem år. I kombination med det varierande transportbehovet gör detta att logistikoperatörer behöver upprätthålla en viss flexibilitet. Denna flexibilitet uppnås genom att till stor del kontraktera oberoende transportutförare så som mindre åkerier i stället för att anställa chaufförer och köpa in lastbilar för att täcka sina uppdrag. På så vis minskar logistikoperatören risken att sitta fast med stora kostnader om transportuppdragen och omsättningen skulle minska. I det studerade fallet är det åkeriet O. Lindqvist Transport AB som kör på uppdrag av FORIA.

De underleverantörer som utför transporter på andra sidan har en relativt stor fast kostnad för personal och lastbilar och behöver finna flexibilitet på andra sätt för att inte riskera låg beläggningsgrad. Detta åstadkommer de genom att vara beredda att ta olika uppdrag från olika uppdragsgivare. De flesta lastbilar klarar av en rad olika typer av uppdrag även om viss specialisering finns för exempelvis distribution kontra långväga transporter. Det finns en trygghet i att en lastbil som köps in idag kommer att kunna utföra uppdrag på ett konkurrenskraftigt sätt även i framtiden och att den sedan kan säljas vidare till ett förutsägbart pris. Intäkten vid försäljningen av den gamla lastbilen används till att delfinansiera inköp av en ny. Det finns en stor efterfrågan på begagnade lastbilar och de lastbilar som är flexibla i sin användning är enklast att sälja vidare (Håkansson 2017). Även lastbilar med högt miltal är efterfrågade på exportmarknaden. Den förhållandevis goda begagnatmarknaden gör det möjligt att ta fram investeringskalkyler och fatta välgrundade beslut för inköp av nya lastbilar.

En av anledningarna till lastbilars flexibilitet och möjlighet till export är den höga graden av standardisering. Konventionella lastbilar fungerar på i stort sett samma sätt i hela världen och där det finns trafik finns också ett nätverk av tankstationer. Detta tas för givet men det är inte en självklarhet att det kommer se ut på samma sätt för eldrivna lastbilar inom en överskådlig framtid.

Det nya ekosystemet för transporter



Figur 4. Ekosystem för eldrivna transporter. I boxen "Elnätsoperatör" ligger såväl lokala som rikstäckande operatörer.

De uppenbara förändringarna i affärsekosystemet för elektrifierade transporter kontra det etablerade fossilbaserade ekosystemet kan förenklat beskrivas enligt Figur 4. En transportutförare med en ellastbil blir först och främst beroende av tillgängliga och tillförlitliga laddpunkter i stället för tankstationer. En aktör måste därför tillgodose detta behov. Vilken denna aktör är skiljer i sig dagsläget sig åt från fall till fall. Det finns ännu ingen standardiserad utformning av denna affärsmodell. Samma sak gäller för tankstationer där det finns en rad företag som erbjuder ett liknande värdeerbjudande med affärsmodeller som endast skiljer sig marginellt. I några fall går transportköparen, logistikoperatören eller transportutföraren in som laddpunktsoperatörer beroende på vilken typ av transport som ska elektrifieras. Även lastbilstillverkarna Volvo, Daimler och Traton (där Scania ingår) har gått ihop i samriskföretag för att bygga ut ett nätverk av publika laddstationer för lastbilar och Scania satsar på att bygga ut publik laddning inom sitt återförsäljarnätverk (Scania 2022). Aktörer från energisektorn, som till exempel Vattenfall genom sin satsning på laddinfrastruktur *InCharge*, har också börjat undersöka affärsmöjligheterna som laddpunktsoperatör. Dessutom kommer nya uppstartsbolag med specialisering på just utbyggnad och tillhandahållande av laddpunkter, såsom exempelvis Eways och Svensk Fordonsladdning. Bristen på utbyggd laddinfrastruktur samt på en klar standard för hur och av vem laddning erbjuds gör att denna fråga ständigt är i fokus vid planeringen av elektrifiering av en lastbilsflotta eller en specifik transport.

Då transportbehovet är drivkraften bakom alla värdeerbjudanden i ekosystemet så krävs det för ekosystemets framväxt att transportköpare är beredda att välja eldrivna transporter. I det studerade fallet finns en stark drivkraft från Söderenergi som transportköpare att gå över till eldrivna transporter för att minska sitt klimatavtryck. Premien man är villig att betala för detta är dock svår att precisera. Investeringen i en ellastbil är ungefär tre gånger så hög som för en motsvarande konventionell lastbil.

Dock är operationskostnaderna vid hög beläggning teoretiskt lägre på grund av lägre kostnad för elförbrukning jämfört med diesel eller HVO samt mindre behov av underhåll. Det magra empiriska underlaget gör det dock svårt att belägga att det också faller ut så i praktiken.

Laddpunktsoperatören utgör en central nod som kopplar samman transportsektorn med energisektorn. För att leverera laddning är denna aktör beroende av en elnätsoperatör och energileverantör samt tillverkare av laddinfrastruktur. I det studerade fallet kan Söderenergi tänkas bli den som finansierar installation av laddinfrastruktur vid sin järnvägsterminal där lastbilen i dagsläget har sin nattparkering. Det finns dock en rad olika alternativ för affärsmodellen kopplad till laddning. Söderenergi kan själva ta rollen av laddpunktsoperatör genom att tillhandahålla laddning, betala elnätsavgifter och energikostnader, och sedan fakturera transportutföraren eller logistikoperatören. Alternativt, kan denna fakturering utebli givet att inga andra transportuppdrag sker med lastbilen, då denna kostnad ändå kan antas ingå i transportpriset. En annan möjlighet är att ta in ett externt bolag som sköter betalning för laddning så att transportköparen kan fokusera på sin kärnverksamhet.

Elnätsoperatörens och energileverantörens affärsmodeller är till stor del etablerade. Dock utgör en laddpunktsoperatör en ovanlig kund för dessa aktörer att förhålla sig till då det finns en logisk drivkraft mot att effektuttaget ska ske under så kort tid som möjligt. Givet logistikoperatörer och transportutförares affärslogik prioriteras hög beläggning av fordon och personal. Vid tankning eller laddning är fordon inte i arbete och utgör således inte en intäktskälla utan bara en kostnad. Men snabbaddning med högt effektuttag under kort tid går emot energileverantörers och elnätsoperatörers affärslogik. För dessa aktörer är elnätet och den tillgängliga producerade elkapaciteten begränsande faktorer. På denna marknad eftersträvas således ett jämnt effektuttag som följer den tillgängliga elproduktionen. På så vis kan den tillgängliga elproduktions- och elnätsinfrastrukturen utnyttjas maximalt. Vid ojämnt uttag behöver kapaciteten för elproduktion och elöverföring överdimensioneras vilket leder till högre kostnader, inte bara för de lokala elnätsbolagen utan även för de rikstäckande såsom Svenska Kraftnät.

Laddinfrastruktur tillverkare är en ny roll som kan komma att utveckla olika affärsmodeller. Värdeerbjudanden från denna aktör kan variera från enkla lösningar för långsamladdning till avancerade lösningar för dynamiskt optimerad laddning för en hel fordonsflotta med avseende på elpriser, elnätsavgifter och körschema. Lokal energiproduktion och lagring genom solceller och stationära batterireserver kan också bli en del av mer avancerade lösningar för att minska belastning på elnätet. Framför allt vid tillfälliga höga effektuttag kan lokal ellagring minska belastningen av elnätet och på så vis även elnätskostnaden. Valet av laddinfrastrukturlösning är beroende av i vilken omfattning kunden förväntar sig att elektrifiera sina transportflöden samt hur dessa transportflöden ser ut med avseende på typ av transportuppdrag och dess omfattning.

Lastbilstillverkarens affärsmodell påverkas i allra högsta grad av elektrifieringen. Batteritillverkning och batteriåtervinning blir nya nyckelaktiviteter som lastbilstillverkaren är beroende av. I dagsläget ligger fokus främst på att få i gång storskalig batteriproduktion och att tillverka batterier med högre prestanda och energidensitet till ett lägre pris. I framtiden förväntas dock lagringskomponenter såsom kobolt och litium bli bristvaror om batteritillverkningen skalas upp. Cirkulära materialflöden blir därför av största vikt. På grund av detta har återvinningsföretag, batteritillverkare och lastbilstillverkare börjat undersöka olika modeller för cirkulär ekonomi (Ellen MacArthur Foundation 2023), såsom restaurering, återbruk och återvinning.

Utmaningar för omställningen till ett nytt ekosystem för transporter

Den förväntade framväxten av ett nytt ekosystem för elektrifierade transporter bygger främst på en ökad efterfrågan på klimatsmarta transportalternativ. Dock kan denna omställning innebära att andra aspekter som värdesätts är svårare att åstadkomma i närtid. På grund av en obalans mellan det etablerade och det nya ekosystemens affärslogik uppkommer en rad affärsmodellsrelaterade utmaningar under själva omställningen då aktörer från tidigare skilda industrier ska börja samverka. Dessa utmaningar påverkar olika aktörer på olika sätt. Vår analys har identifierat en rad viktiga utmaningar och möjliggörare för olika aktörer. Nedan följer beskrivningar av de viktigaste aspekterna som vår analys har identifierat. Dessa aspekter bör ses över vid omställning till eldrivna transporter för att undvika eller hantera problem.

Minskad flexibilitet

En utmaning med elektrifieringen av transportsektorn är att eldrivna lastbilar är betydligt dyrare i inköp men erbjuder mindre flexibilitet i det arbete de kan utföra i dagsläget. Då laddningsmöjligheterna är begränsade gör detta att lastbilarna blir bundna till de få sträckor där laddpunkter har byggts ut på strategiska platser längs rutten.

Handlingsutrymmet för det företag som köper in en ellastbil beror på vilket transportarbete lastbilen är avsedd för. För last mile-transporter (distributionstrafik) med mindre lastbilar och med utgångspunkt vid en logistikhubb kan det vara tillräckligt med depåladdning över natten och eventuell snabbaddning vid skiftbyte. Då man från depån kan nå olika kunder finns en viss flexibilitet som gör det möjligt att ta olika uppdrag även om upptagningsområdet är klart begränsat i jämförelse en konventionell lastbil. Detta gör att logistikoperatörer och transportutförare i avseende på dessa typer av transporter kan driva elektrifiering mer oberoende av specifika kunder. De kan själva investera i laddinfrastruktur vid sin depå vilket räcker för en rad uppdrag.

För andra transporter kan det krävas laddningsmöjligheter hos kund för att upplägget ska bli kommersiellt gångbart. Detta gäller till exempel om kunden befinner sig för långt ifrån andra etablerade laddpunkter. I det studerade fallet, där transporten går i skytteltrafik mellan två av Söderenergis anläggningar krävs det laddningsmöjligheter i anslutning till denna rutt och företrädesvis vid en plats där lastbilen av andra anledningar förväntas stå still. Dagens 98-tonsekipage genomgår en daglig service och har sin nattparkering vid järnvägsterminalen i Nykvarn, vilket är lämpliga tillfällen att ladda lastbilen. Därför är Söderenergi plan att en första laddstation ska installeras i detta område.

När transportköparen investerar i laddinfrastruktur sänker detta tröskeln för en ellastbilsinvestering av transportutföraren eller logistikoperatören. Dock ökar dessa aktörers beroende av det specifika transportuppdraget eftersom de inte själva tillhandahåller laddinfrastruktur och därför är mer begränsade i vilka transportuppdrag de kan ta.

Osäkerhet vid investering kring teknikutveckling och total ägandekostnad

En osäkerhetsfaktor som gör det svårare att investera i en ellastbil är det okända restvärdet. Medan det med relativt god precision går att estimeras andrahandsvärdet för konventionella lastbilar efter ett antal år och mil finns det för många osäkerheter gällande framtida efterfrågan för att göra liknande prognoser för ellastbilar. Lastbilar är redan dyra investeringar men den välfungerande andrahandsmarknaden gör att den totala ägandekostnaden och investeringens risk begränsas eftersom lastbilen kan säljas vidare.

På så vis binder en lastbilsinvestering mycket kapital men det går snabbt att lösgöra detta kapital vid behov. Andrahandsmarknaden för ellastbilar är betydligt osäkrare vilket innebär att det är svårt att beräkna den totala ägandekostnaden.

Investeringen i laddinfrastruktur innebär också en stor osäkerhet. En risk är att investeringen blir dyr i längden om man tänker kortsiktigt och endast tar hänsyn till nuvarande behov och inte ger utrymme för långsiktiga elektrifieringsplaner. Ett exempel på detta är att om elnät och transformatorer som byggs ut till en initial elektrifieringssatsning visar sig vara underdimensionerade i framtiden kan det innebära nya investeringsbehov. Å andra sidan kan en investering för att täcka in framtida behov visa sig dyr om tekniken blir utdaterad eller sjunker i pris på grund av teknikutveckling. Dessa osäkerheter innebär en barriär för att ta investeringar och riskerar att leda till handlingsoförmåga.

Fluktuerande elpriser och elnätsavgifter

Ytterligare en osäkerhetsfaktor som gör det svårt att beräkna den totala ägandekostnaden för en ellastbil är de svängande priserna för laddning. Elnätsoperatörer och energileverantörer står redan inför utmaningar i och med omställningen till väderberoende förnybara energikällor såsom sol och vind vilket ökar risken för ojämn elproduktion och således svängande elpriser.

Dessutom är de effekttariffer och betalningssystem (Energimarknadsinspektionen 2023) för effektuttag som vi har idag utformade efter förutsättningar som rådde för 10–20 år sedan och inte efter framtidens dynamiska effektuttag och elproduktion som är ett resultat av en ökad elektrifieringsgrad samt ökad andel förnybar el. Detta gör det svårt att planera sina elkostnader. I vissa fall har transportutförare fått stora oförutsedda kostnader på grund av en skev prissättning av snabbaddning vid vissa tidpunkter.

För Söderenergis transporter är det svårt att kringgå denna problematik genom att ladda när det är billigt. Transportbehovet av flis till Igelstaverket är i regel som störst när det är kallt och behovet av att värma upp fastigheter är som störst, vilket ofta sammanfaller med när elpriserna är högre på grund av att fastigheter värms med elektricitet. Då transporten under dessa tider går i ständig skytteltrafik för att förse värmeverket med bränsle kan det bli svårt att undvika snabbaddning.

Behov av förändrade transportprocesser för elfordon

Transportprocesser såsom lastning och lossning, slottider och ruttscheman är ofta optimerade för att möjliggöra smidiga flöden och minska köer och trängsel. Dessa processer riskerar dock att inte passa elfordon. Det som exempelvis är optimala rutiner för flöden vid en godsterminal, givet dagens fordonsflotta, kan vara suboptimalt för eldrivna fordon. Detta riskerar att leda till lägre lönsamhet för eldrivna transporter. Ett exempel är att möjligheten att stå stilla för att ladda i samband med lastning och lossning kan vara begränsad av hur denna process är utformad.

Vid Söderenergis järnvägsterminal sker lastning under en längre tid med hjälp av hjullastare men det finns hinder för att möjliggöra laddning under den tiden. Då det flis som hämtas vid terminalen är utspritt över ett stort område är det högst osäkert om det är lämpligt att stå vid en och samma plats varje gång lastning sker. Det kommer att leda till ett mer komplext optimeringsproblem där den tid som går att spara genom att ladda vid lastning behöver vägas mot den extra tid och energi som krävs för att en hjullastare måste åka en längre sträcka mellan det parkerade fordonet och lämpligaste flishög.

En del lastnings- och lossningsprocesser kan anpassas till elfordon för att möjliggöra laddning men detta kräver noga övervägande av kostnader och vinster.

Ett annat tillfälle som är lämpligt för laddning är vid chaufförens obligatoriska vilotider. Rådande föreskrifter kring vila riskerar dock att vara missanpassade för en eldriven lastbils körschema och laddningsmöjligheter. Detta gäller till exempel om tiden för en obligatorisk paus infaller strax innan chauffören kan nå en laddpunkt. I detta fall skulle chauffören för att inte bryta mot reglerna tvingas ta en paus utan att ladda för att sedan åka en kort sträcka för att nå laddpunkten varpå lastbilen skulle stå still ytterligare en tid för att ladda. Här pågår dock ett arbete på EU-nivå att anpassa kör- och vilotiderna så att ovan beskrivna problem minimeras.

Ökat behov av cirkulära materialflöden

Elektrifiering medför ökade krav på cirkularitet. Batterierna i dagens elfordon innehåller sällsynta och svårutvunna metaller så som kobolt och litium. För att undvika ohållbar utvinning av dessa begränsade resurser krävs ett cirkulärt system för restaurering, återbruk och återvinning. Batteriproducenter har ett lagstiftat ansvar att ta hand om sålda batterier när de blir avfall och lastbilstillverkarens ansvar för att återvinna fordon är också reglerat. På sikt förväntas marknadskrafter göra det lönsamt att återvinna komponenter från ellastbilar då de har ett högt värde. En ökad efterfrågan på batterier som stationär lagring av energi, exempelvis för att avlasta elnätet vid snabbladdning genom att ladda med hjälp av det stationära batteriet eller för att säkra eltillgång vid kritiska platser, väntas också leda till affärsmodeller för återbruk av batterier. I dagsläget sker dock omfattande export av begagnade lastbilar till utlandet med stor risk för att lastbilar hamnar i regioner med sämre miljöskydd och återvinningssystem (Larsson m.fl. 2020).

Möjliggörare för omställningen till ett nytt ekosystem för transporter

Anpassade kontraktstider

En åtgärd för att reducera den risk en transportutförare eller logistikoperatör tar vid inköp av en ellastbil är att säkerställa att kontraktet för det transportuppdrag som lastbilen är avsedd för täcker lastbilens ekonomiska livslängd. Ett orosmoln för den som investerar i en ellastbil för ett specifikt uppdrag är att transportköparen byter leverantör när kontraktet tar slut och att det är svårt att få lönsamhet på grund av avsaknad av alternativa kunder. Då andrahandsvärdet på lastbilen dessutom är osäkert finns risken att åkaren blir fast med en hög kostnad som inte genererar tillräckliga intäkter. Längre kontrakt minskar denna risk för åkeriet. Däremot ökar transportköparens risk att bli inlåst i ett kontrakt när billigare alternativ presenteras i framtiden. I det studerade fallet är det transportutföraren som kommer att investera i lastbilen och kontraktet planeras täcka hela lastbilens ekonomiska livslängd, vilket gör denna investering mer attraktiv.

Andrahandsvärde: Modeller för lastbilens och batteriets end-of-life

Osäkerheten kring andrahandsmarknaden, så som en ellastbils restvärde och möjlighet att säljas vidare, bidrar till risken att bli fast med en oönskad kostnad när transportkontraktet löper ut. Om det enkelt hade gått att avyttra en ellastbil till ett förutsägbart pris hade denna risk inte varit lika stor. Denna osäkerhetsfaktor kvarstår som en utmaning även om kontraktstiden är anpassad för att minska risken för en investering i en ellastbil.

Ett sätt att hantera denna risk och på så vis öka incitamentet för att investera i en ellastbil är att lastbilstillverkaren tar över risken genom att erbjuda ett återköp eller hyra ut ellastbilen under ett antal år. I det studerade fallet planerar Scania att leasa ut lastbilen i fem år. En möjlig variant är att batteriet byts ut efter en viss period och att slutligen hela lastbilen tas tillbaka. I dagsläget är det oklart om detta kommer att vara en tillfällig lösning för tidiga ellastbilsaffärer eller om det kan bli ett upplägg som blir allt viktigare för att skapa slutna materialkretslopp där främst batterier kan tillverkas med återvunnet material och där batteriers livslängd dessutom kan förlängas genom restaurering och återbruk.

Som lastbilstillverkare har man ett stort ansvar för hela lastbilens livscykel. Genom att återta ellastbilar kan man få en större kontroll på avfallshantering och återvinning, samt säkra dyrbara material som kan användas i nyproduktion. Det finns också möjlighet att batterier kan få flera liv genom att placera gamla batterier som förlorat en del i prestanda i lastbilar som har lägre krav på räckvidd. Om Scania tar tillbaka lastbilen kan de därefter välja vad de ska göra med batteriet.

Kostnad- och betalningsmodell för ellastbil och laddning

För att undvika att transportutövare blir tvungna att ta en stor risk finns olika upplägg för ägandeskap och betalningsmodell för ellastbilar. Det nämnda återtagandet av lastbilen är en faktor som tar bort en del av risken med att köpa en ellastbil. Själva investeringen kan också se ut på olika sätt för att fördela risken på ett sätt som möjliggör elektrifiering. I vissa fall kan logistikoperatören som har större finansiella resurser ta investeringen och hyra ut lastbilen till transportutföraren vars verksamhet ofta är betydligt mindre och därav kan utsättas för högre riskexponeringen vid inköp av en ellastbil. Som tidigare nämnts är planen i det studerade fallet att transportutföraren själv blir ägare av ellastbilen då tillräckliga garantier finns genom återköpsförfarandet och ett långsiktigt kontrakt med Söderenergi.

I många tidiga fall av elektrifiering går investeringen av ellastbil hand i hand med investeringar i laddinfrastruktur, då detta inte finns sedan tidigare. Detta är en betydande investering och det finns flera modeller för hur investering och ägandeskap för laddinfrastrukturen kan se ut. En nyckelaspekt att betänka gäller möjligheten till samnyttjande av laddinfrastruktur. Detta kan vara en avgörande faktor vid val av var laddpunkter ska installeras och vem som tar investeringen och ägarskapet.

Vid Söderenergis anläggningar finns flera maskiner som planeras att elektrifieras på sikt. Det finns därför anledning för Söderenergi att själva ta kontroll över utbyggnaden av laddinfrastruktur på sina områden och planera för framtida elektrifieringsinitiativ. Dagens plan är att börja med att installera en laddpunkt vid järnvägsterminalen. Tanken är att denna laddpunkt i framtiden också kan användas för andra fordon på området, exempelvis hjullastare.

Ett alternativ att överväga, framför allt då fler närliggande transportverksamheter elektrifierar sina fordon, är publik laddning eller semipublik laddning. Genom att upplåta sin laddinfrastruktur till andra verksamheter kan ekonomin för investeringen i laddinfrastruktur bli betydligt bättre. Detta kräver dock en mer avancerad affärs- och betalningsmodell med säkra avtal avseende laddkostnader. För att underlätta en sådan affär kan rollen som laddpunktsoperatör tilldelas ett specialiserat företag. Detta gäller oavsett vem som investerar i själva laddinfrastrukturen. Beroende på vem som tar rollen som laddpunktsoperatör och vem som står som kund till energi och elnätbolagen kan betalningsmodellen se annorlunda ut.

Platser som Stockholm Syd där Söderenergi har sin flisdepå kan komma att bli nyckelplatser för publik laddning då det är en knutpunkt för en mängd transportverksamheter.

Optimering av rutter och laddning med avseende på elnätsbelastning, laddinfrastruktursnyttjande och logistiksystem

Vid optimering av dagens transporter behöver produktiv arbetstid maximeras då lastbilen och chauffören är en stor fast kostnad. Med eldrivna lastbilar tillkommer en rad faktorer. Elnätsavgift och utnyttjande av laddinfrastruktur är två viktiga faktorer som väger tungt då transporter ska optimeras. Den förstnämnda faktorn kräver mer kunskap kring när det är bäst att ladda med avseende på elpris och elnätsavgift vilket beror på en rad faktorer. Elpriser påverkas av den europeiska marknaden och ligger därför utanför transportutförarens kontroll men det går att se trender över dygnet för när det oftast är som dyrast och när den är billigare. Det är billigare att ladda på natten vilket också är då elfordon i regel kommer ladda som mest. Dock sker snabbladdning i större utsträckning på dagtid då efterfrågan och priset är högre. Då elnätsavgiften påverkas av effektuttag i elnätet är det fördelaktigt att ladda långsamt och vid tidpunkter då eluttaget är lågt i det närområde som nyttjar samma delar av elnätet. Det är dock inte alltid förenligt med transportuppdraget. Ett sätt att optimera laddningen är att använda stationär energilagring i form av batterier som laddas då elen är billig och som sedan kan användas för att snabbadda ett elfordon. På så vis begränsas belastningen på elnätet och elnätsavgiften hålls nere. Detta kräver dock en investering som måste vägas mot de möjliga besparingarna i operationskostnad.

Dessutom är det viktigt att ha hög nyttjandegrad av laddinfrastruktur för att denna investering ska bli mer ekonomiskt lönsam. Detta kan ske genom samnyttjande av en laddpunkt. Även vid enklare lösningar för dedikerad laddning där det är känt vilka fordon och maskiner som delar på en laddpunkt kan det vara viktigt att planera hur laddpunkten kommer nyttjas för att se till att de fordon som är i störst behov av laddning laddas först. Vid publik och semipublik laddning är detta än mer kritiskt. Här krävs system för planering så att olika transporter kan optimeras efter tillgänglighet till laddning och onödiga stopp och väntetider kan undvikas.

Ytterligare en dimension är hur man optimerar transportuppdrag med blandad fordonsflotta. Till exempel hur man utnyttjar eldrivna fordon och fordon med andra drivmedel på ett så bra sätt som möjligt, givet förutsättningarna som råder.

Anpassade transportprocesser

För att undvika ställtid vid laddning är det viktigt att ladda då lastbilen ändå står still. Lastning, lossning och lagstadgade pauser är tillfällen då laddning kan ske utan försämrad effektivitet som följd. Då dagens processer vid lastning och lossning samt arbetsintervall och pauser är optimerade inom det rådande systemet går det inte att räkna med att kunna elektrifiera en existerande transport utan att se över hur transporten är utformad. Genom att optimera transporten utifrån de nya förutsättningarna som eldrift bär med sig kan arbetsstillestånd begränsas. Detta kan dock innebära förändringar av angränsande aktiviteter vilket ökar komplexiteten. Exempelvis kan de lastnings- och lossningsprocesser som är optimala för eldrivna transporter skapa merarbete eller friktion med de etablerade processerna. Det krävs därför noggrann långsiktig planering som väger in vad som är mest effektivt i dagsläget och vad som kan tänkas vara mest effektivt i ett framtidsscenario där elektrifieringen potentiellt är mer utbredd.

Långsiktig planering av elektrifiering

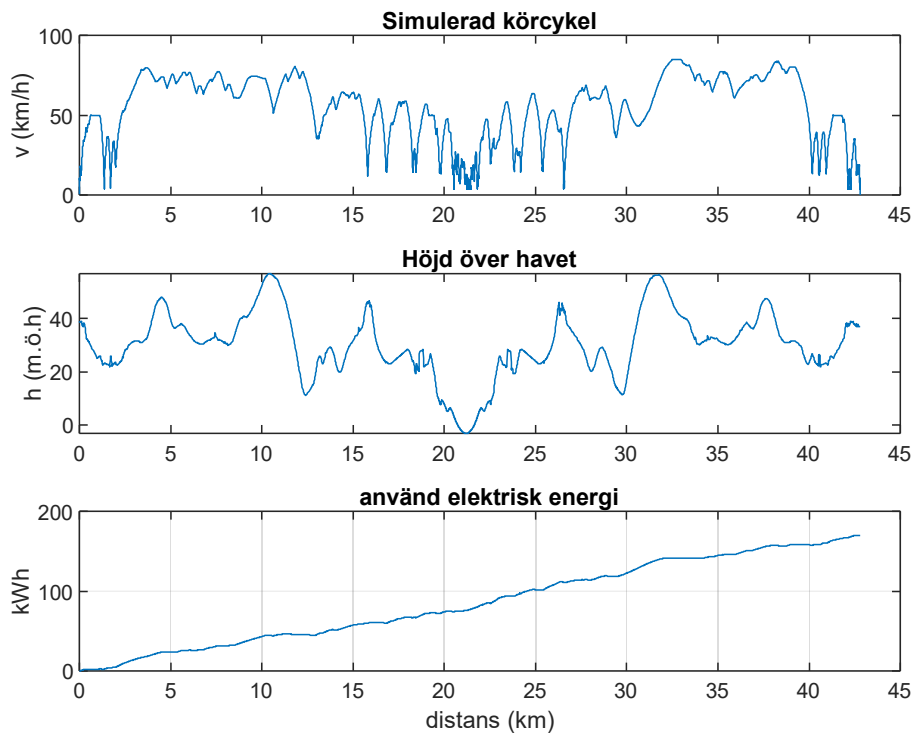
Långsiktighet är också viktigt då beslut om investeringar i laddinfrastruktur ska fattas. För att undvika under- och överdimensionering av investeringar i laddinfrastruktur krävs översiktlig planering av framtida laddningsbehov. Det är också viktigt att ta in i beräkningen att andra verksamheter också planeras att elektrifieras. Om hänsyn inte tas till en verksamhets eller ett områdes egna framtida elektrifieringssatsningar riskerar investeringar och utbyggnad av laddinfrastruktur att bli underdimensionerade eller ofördelaktigt utformade och inte täcka framtida behov. Om hänsyn inte tas till omkringliggande elektrifieringssatsningar riskerar också utbyggnaden av laddinfrastruktur att bli missanpassad till framtida förutsättningar och behov. De kan både bli underdimensionerade då behovet ökar eller överdimensionerade om extern laddinfrastruktur långs planerade rutter tillgodoser framtida behov i högre grad än förväntat.

Söderenergis planering att elektrifiera sin verksamhet omfattar flera områden. Elektrifiering av 98-tonstransporten samt utbyggnad av en laddstation vid järnvägsterminalen är två av flera pågående projekt som ingår i en omfattande elektrifieringssatsning. Inom ramen för detta arbete omfattas även elektrifiering av en asktransport från Igelstaverket samt en omfattande elektrifiering av hela Igelstaområdet. Söderenergi har också varit delaktiga i samarbeten kring att studera den framtida elektrifieringen av hela området, Stockholm Syd.

Analys av laddningsbehov – en generisk modell

Ett av syftena med förevarande projekt var att hitta modeller för att kunna beräkna energibehovet för en given transport och därmed kunna estimerar behovet av laddning i tid och rum. Det visar sig dock ganska svårt att skapa den modellen så att den blir tillräckligt generell. Orsaken är att det inte finns särskilt mycket data om elektriska lastbilers prestanda i olika sammanhang som är baserade på empiriska data. Det mesta handlar om mer eller mindre välgrundade kalkyler och skattningar. Utifrån tillgängliga data från verkningsgradsdiagram för elmotorer och batteriprestanda går det dock att göra en grov modell för energianvändning i ett tungt elfordon. Modellen baseras på, från andra projekt hämtade uppgifter, om rull- och luftmotstånd. Utifrån indata i form av fordonets hastighets- och accelerationsprofil samt topografin kan det mekaniska effektbehovet i varje ögonblick bestämmas, och via verkningsgradsdiagrammet beräknas elanvändningen från batteriet. Modellen tar även hänsyn till regenerativ bromsning via ett enkelt antagande om verkningsgrad och maximal laddeffekt.

Empiriska underlag för att bestämma körcykeln för en elektrisk flisbil saknas återigen, men utan att gå för långt från det rimliga kan man anta att förarbeteendet i den elektriska bilen ungefär är samma som i ett dieselfordon. Under dessa antaganden ger modellen vid handen att den fullastade flisbilens energiförbrukning ligger på runt 400 kWh/100 km under blandad körning av det slag som gäller mellan Nykvarn och Södertälje. För den tomma bilen ligger förbrukningen strax under 150 kWh/100 km, Figur 5.



Figur 5. Simulerad körcykel och energianvändning för lastat 98-tonsfordon. Fordonet körs från Nykvarn till Södertälje och sedan samma väg tillbaka.

Det översta diagrammet i Figur 5 visar hastigheten längs sträckan. De första kilometrarna är det tätortsgator med några korsningar och rondeller, därav varierande fart. Därefter cirka en mils motorvägskörning innan man kommer in på mindre gator igen. Vid 22 kilometer är man inne på värmeverket för tippning, därav en bit med väldigt låg fart. Mellan 23 och 43 kilometer är hastigheten i princip en spegelbild av körningen till värmeverket.

Det mellersta diagrammet visar höjdarbetet från Nykvarn till värmeverket och tillbaka. Här syns tydligt att Nykvarn ligger ungefär 40 meter högre än värmeverket. Det sista diagrammet visar den ackumulerade energiförbrukningen för hela körcykeln.

Den använda matematiska modellen som använts baseras i dag på bästa tillgängliga data från litteraturen men kommer att uppdateras vartefter vi får in ny kunskap. Skogforsk har ett par försök med helt elektriska lastbilar på gång varifrån mer erfarenhet kommer att kunna hämtas. I takt med att erfarenhetsdata ökar kommer vi också att kunna simulera fler och mer avancerade körupplägg.

Sammanfattade rekommendationer

Sammanfattningsvis har den här studien visat på ett antal områden att betänka vid elektrifiering av en transport för att kunna skapa en hållbar affärsmodell. Några av de viktigaste aspekterna att ha i åtanke är:

- Anpassade kontraktstider för transportuppdraget
- Nya modeller för lastbilens och dess batteriers livscykelhantering
- Nya kostnads- och betalningsmodeller för ellastbil och laddinfrastruktur
- Optimering av rutter, transportprocesser, och laddning med hänsyn till elnätsbelastning, nyttjande av laddinfrastruktur och transportsystemet
- Långsiktig planering av elektrifiering.

Genom att utveckla planer med samtliga av dessa aspekter i åtanke kan oönskade följd effekter undvikas och en omställning till eldrivna transporter gå så smidigt som möjligt för samtliga nyckelaktörer i ekosystemet.

Referenser

Adner, R., & Kapoor, R. 2010. Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, 31(3), 306–333.
<https://doi.org/10.1002/smj.821>

Adner, R., & Kapoor, R. 2016. Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves. *Strategic Management Journal*, 37, 625–648.
<https://doi.org/10.1002/smj>

Closer. 2021. Årsrapport High Capacity Transport 2019–2020.

Edgren, J. 2017. Ny Teknik. Scania om Tesla semi: “Jättebra för att transportera chipspåsar.” Tillgänglig: <https://www.nyteknik.se/fordon/scania-om-tesla-semi-jattebra-for-att-transportera-chipspasar/1728211#:~:text=Enligt%20honom%20kommer%20transporter%20%C3%B6ver.p%C3%A5%20gr%C3%A4nsen%20till%20om%C3%B6jlig%20kombination.> [2023-06-15]

Ellen MacArthur Foundation 2023. *What is a circular economy?* Tillgänglig: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview> [2023-06-15]

Energimarknadsinspektionen. 2023. Effekttariffer. Tillgänglig: <https://ei.se/bransch/reglering-av-natverksamhet/reglering---elnatsverksamhet/effekttariffer> [2023-06-15]

Enström, J., Eriksson, A., von Hofsten, H., & Noreland, D. 2021. Slutrapport ETTdemoFlis.

Gullberg, A. 2015. Här finns den lediga kapaciteten i storstadstrafiken. In Rapport från KTH Centre for Sustainable Communications.

Hughes, T. P. 1983. *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880–1930.*

Håkansson, J. 2017. Volvo På Väg online. Tillgänglig: <https://www.volvotrucks.se/sv-se/news/magazine-online/2017/apr/tema-andrahandsvarde.html> [2023-06-15]

Larsson, M-O., Persson, M., Romare, M. & Kloo, H. 2020. Hållbar elektromobilitet. Tillgänglig: <https://www.ivl.se/download/18.7342a03f17582337c2813ca/1604672654610/C552.pdf> [2023-06-15]

Moore, J. F. 1993. Predators and prey: a new strategy of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75–86.

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. 2010. *Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley & Sons.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0307-10.2010>

Scania. 2022. Scantias återförsäljarnätverk investerar i publika snabbbladdare runt om i Sverige. Tillgänglig: <https://www.scania.com/se/sv/home/newsroom/news/2022/scanias-aterforsaljarnatverk-investerar-i-publika-snabbbladdare-runt-om-i-sverige.html#:~:text=Scania%20forts%C3%A4tter%20satsningen%20of%C3%B6r%20att,eldrivna%20lastbilar%20og%C3%A5r%20fort%20fram%C3%A5t.> [2023-06-15]

Uhrdin, A., & Engwall, M. 2022. Elektrifierade godstransporter Stockholm Syd: Affärsmodeller och affärsekosystem.