

Datum
2023-03-31Dnr
2019-027646Projekt nr
50188-1

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Adaptiv design för fler el-fordonsmil, genom cirkulära affärsmodeller, FAD-EV	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Adaptive design for more electric vehicle miles, through circular business models, FAD-EV	
Universitet/högskola/företag RISE	Avdelning/institution Sustainable Business
Adress Lindholmspiren 7A	
Namn på projektledare Johan Östling	
Namn på ev övriga projektdeltagare Thomas Nyström, Derek Diener, Anneli Selvefors, Markus Eriksson, Lukas Hallquist	
Nyckelord: 5-7 st Framtidsadaptiv design, livstidsförlängning, cirkulära affärsmodeller, cirkulär ekonomi,	

Förord

Projektet vill tacka Energimyndigheten som finansierat huvuddelen av arbetet men även delfinansierarna AB Volvo och Polestar som deltagit som företagspartner. Vi vill också tacka referensgruppen som bestod av representanter ifrån Volvo Cars och forskare inom cirkulär ekonomi: Nancy Bocken Maastricht University, Marcel van den Hollander Maakindustrie Hogeschool, Erik Sundin Linköpings Universitet och Markus Zils University of Exeter.

Vi vill även tacka övriga representanter för företag och privatpersoner som deltagit under intervjuer och presentationer som tex. Mitsubishi Electric, Åkerier, SJ, DNB/Auto Lease, Vattenfall, och de privata elbilsägare och förare som intervjuats under projektet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Summary	4
Inledning/Bakgrund	7
Genomförande	8
Arbetspaket 1	10
Steg 1. Etablera en målbild	10
Steg 2. Uppskatta och visualisera	10
Steg 3. Identifiera moduler och komponenter	10
Steg 4. Analysera olika FAD utfall.....	10
Steg 5. Sammanställning och summering.....	10

Arbetspaket 2	10
Steg 1: Val av affärsmodell	11
Steg 2: Utveckla kunderbudandet	11
Steg 3: Affärsmodell & ekosystem	11
Steg 4: Lönsamhet	11
Steg 5: Betalningsvilja	11
Arbetspaket 3	12
Steg 1: Styrkor och svagheter	12
Steg 2: Förbättringsförslag	12
Steg 3: Legala aspekter	12
Arbetspaket 4	12
Steg 1 – Identifiering av nuläge	12
Steg 2 – Behov och gapanalys	13
Steg 3 – Metodstöd för organisatorisk transformation	13
Resultat	13
AP1	13
AP2	17
AP 3	18
AP4	30
Summering av resultat	33
Diskussion	35
Organisationsmässiga hinder	36
Produktdesign och produktion	36
Publikationslista	38
Referenser, källor	39
Bilagor	39

Sammanfattning

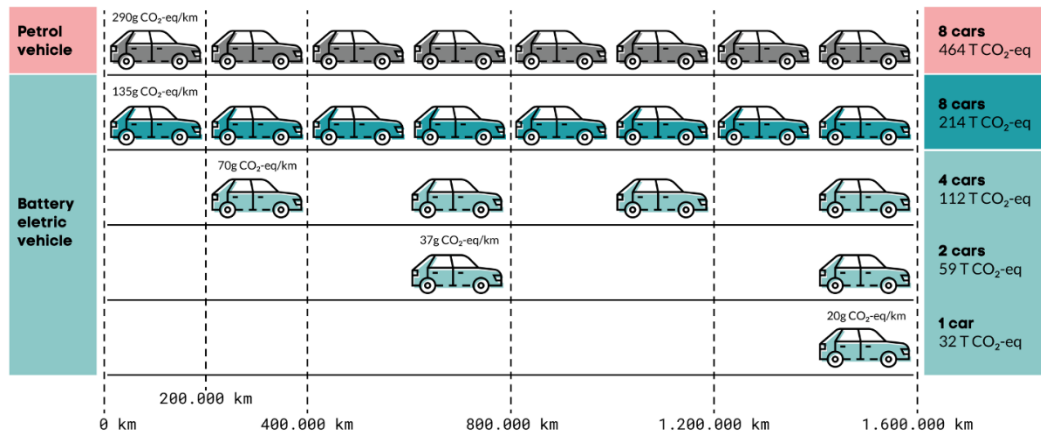
Forskningsprojektet FAD-EV har undersökt hur en längre fordonslivslängd för eldrivna fordon kan bidra till potentialen för minskade utsläpp på fordonsnivå och en svensk fordonsflottanivå, i linje med satta nationella mål¹ och hur cirkulära affärsmodeller och produktdesign kan realisera en sådan potential.

Två fordonsapplikationer, tunga el-lastbilar och eldrivna personbilar, har varit i fokus för projektet, som har bedrivits i nära samarbete med företagspartners under ledning av RISE. Projektet har utgått ifrån befintliga elfordon och uppskattat miljö- och klimatpåverkan, utifrån cirkulära affärsmodeller som bygger på längre fordonslivslängd (4-8ggr) utifrån principer om en mer långlivad och förändringsbar produktarkitektur (framtidadaptiv design; FAD).

För tunga fordon har en affärsmodell för el-lastbil som tjänst utvecklats och testats mot pilotkunder, medan affärserbjudande för längre användningstid för

¹ 70% minskning av växthusgasutsläpp från transport flottan till 2030 (jämfört med 2010), [Sveriges miljömål-transport](#)

högvoltsbatterier med kringutrustning har utforskats som ett möjligt cirkulärt erbjudande kallat ”Extended battery warranty” för eldrivna personbilar. Slutsatser är att en förlängd körsträcka för elfordon har en teoretisk potential att reducera klimatpåverkan per Km med över 80% för en batterielektrisk personbil (BEV) och drygt 50% för en tung BEV lastbil.



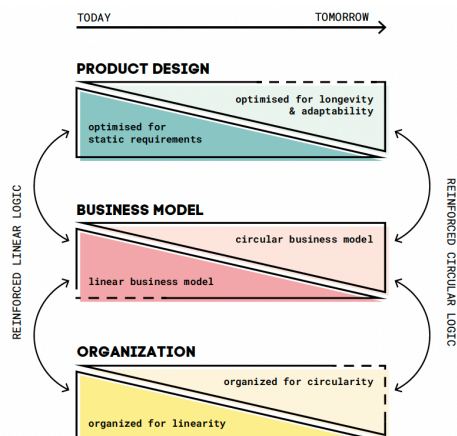
Figur 1. Visar att en eldriven personbil redan har en potential att minska klimatpåverkan med mer än 50% än en förbränningsmotordriven personbil, men om en personbil kan rulla lika många kilometer som en tung lastbil blir minskningen i koldioxidutsläpp per kilometer radikalt mycket större. Ett långlivat fordon kan teoretiskt ersätta sju andra, vilket sparar stora mängder material och resurser. Utifrån ett svenskt fordonsflotteperspektiv finns det en stor möjlighet att förlänga livet på elfordon och öka utfasningstakten av äldre förbränningsmotordrivna fordon, för att kunna uppnå tidigare satta nationella klimatmål.

Ur ett tekniskt perspektiv har elfordon både en teoretisk och praktisk potential att kunna användas över en längre körsträcka än förbränningsmotordrivna fordon, framför allt genom en lägre komplexitet i drivlinan, men där fordonsdesign för kostnadseffektiv massproduktion utmanar möjligheterna för att kunna åstadkomma en förlängd användningstid. Det gäller framför allt möjligheterna att kostnadseffektivt kunna uppgradera ett befintligt fordon med nya funktioner, upplevelser och ny lagstiftning mm.

Ur ett affärsmässigt perspektiv har det under projektet blivit tydligt hur nuvarande affärs och designlogiker i fordonsindustrin har ett primärt fokus på att utveckla fordonsprodukter för försäljning till slutkunden i stora volymer, där FAD-EV projektets cirkulära vision för ökad produktlivslängd, vilket på sikt för en enskild tillverkare kan resultera i färre producerade fordon, är utmanade. Detta har varit oberoende ifall det har varit en väletablerad fordonstillverkare med mer än hundra års erfarenhet, eller en startup som bygger på produkter utvecklade av en väletablerad tillverkare. Affärsmodellen produkt som tjänst, som varit utgångspunkt har visat sig ha olika grad av lönsamhetspotential och intresse för tillverkarna, beroende på risker för att fordonen blir utdaterade i förtid, stor kapitalbinding, och utmaningar med att få kundacceptans.

Projektresultaten pekar på att det framför allt krävs logikförändringar i tidiga utvecklingsfaser hos fordonstillverkare för att kunna få genomslag för cirkulära affärsmodeller som bygger på framtidsadaptiva produkter. Framför allt handlar

det om hur affärslogiken påverkar designlogiken kring specifikationer och målpris för framtagning av fordonskomponenter. Här behöver de dokument som är centrala för produktplanering i större uträkning ta hänsyn till totala livscykelkostnader.



Figur 2. Under FAD-EV projektet har hinder och möjligheter utifrån nuvarande produktdesign, affärsmodeller och organisation utforskats tillsammans med deltagande företagsparter. Slutsatser är att för att få acceptans för cirkulära affärsmodeller som bygger på förlängd produktlivslängd så krävs en samordning av affärsmodell, produktdesign i den nuvarande organisationen och värdekedjan.

Sammanfattningsvis kan FAD (1) öka takten av elektrifiering av fordonsflottan genom mer adaptiva fordon och affärsmodeller som sänker tröskel för användare och (2) minskar klimatpåverkan från individuella fordon genom att öka deras livslängd och sprida klimatpåverkan från produktion över en längre körsträcka. För att stödja fordonsproducenter att åstadkomma logikförändringar mot en mer cirkulär affärs- och fordonsutveckling, har projektet tagit fram en guide². Guiden erbjuder praktiker i utvecklingsorganisationer stöd för att arbeta med en parallell utveckling av cirkulära affärsmodeller och en anpassad produktarkitektur med målet att åstadkomma ett lönsamt värdebevarande, både finansiellt och miljö/klimatmässigt.

Summary

The research project FAD-EV has investigated how a longer vehicle lifespan for electric vehicles can contribute to the potential for reduced emissions at the vehicle level and a Swedish vehicle fleet level, in line with set national goals³ and how circular business models and product design can realize such potential.

Two vehicle applications heavy electric trucks and electric passenger cars have been the focus of the project, which has been carried out in close collaboration with business partners under the leadership of RISE. The project has started from

² Future Adaptive Design – How to create longer-lasting products for circular offerings (2023). RISE Research Institutes of Sweden. The Guideline will be available autumn 2023 via; <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/expertiser/framtidsadaptiv-design-for-en-cirkular-e>

³ 70% reduction of carbon emissions from transport fleet by 2030 (compared with 2010), [Sverigesmiljömål-transport](#)

existing electric vehicles and estimated the environmental and climate impact, based on circular business models that are based on longer vehicle life (4-8 times) based on principles of a more long-lived and changeable product architecture (future adaptive design; FAD).

For heavy vehicles, an electric truck-as-a-service business model has been developed and tested against pilot customers, while the business offer for extended life of high-voltage batteries with peripherals has been explored as a possible circular offer called “Extended battery warranty” for electric passenger cars.

Conclusions are that an extended mileage for electric vehicles has a theoretical potential to reduce the climate impact per Km by over 80% for a battery electric passenger car (BEV) and just over 50% for a heavy BEV truck.

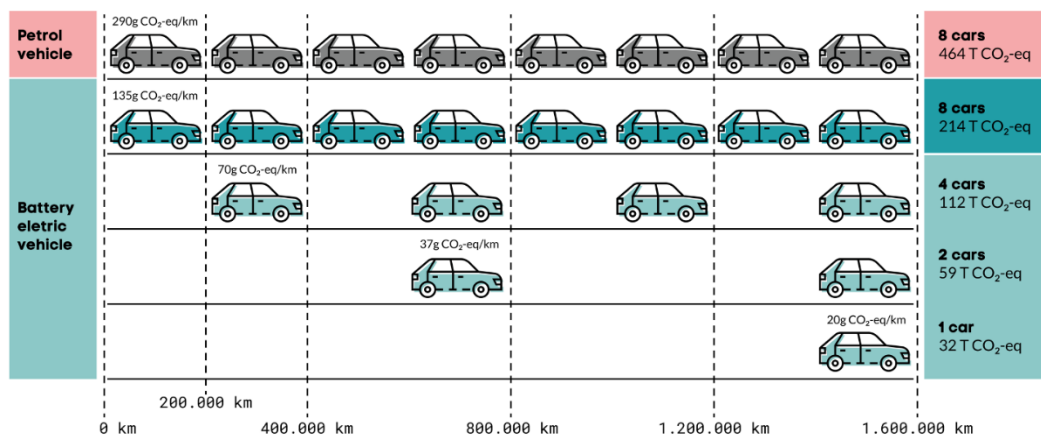


Figure 1 shows that an electric car already has the potential to reduce the climate impact by more than 50% than an internal combustion engine car, but if a car can travel as many kilometers as a heavy truck, the reduction in carbon dioxide emissions per kilometer will be radically much greater. One long-lived vehicle can theoretically replace seven others, saving large amounts of materials and resources. From a Swedish vehicle fleet perspective, there is a great opportunity to extend the life of electric vehicles and increase the phase-out rate of older combustion engine-driven vehicles, in order to achieve previously set national climate goals.

From a technical perspective, electric vehicles have both a theoretical and practical potential to be used over a longer driving distance than combustion engine-driven vehicles, above all through a lower complexity in the powertrain, but where vehicle design for cost-effective mass production challenges the possibilities of being able to achieve an extended service life. This applies above all to the possibilities of being able to cost-effectively upgrade an existing vehicle with new functions, experiences and new legislation, etc.

From a business perspective, during the project it has become clear how current business and design logic in the automotive industry has a primary focus on developing vehicle products for sale to the end customer in large volumes, where the FAD-EV project's circular vision for increased product life, which in the long run for an individual manufacturers can result in fewer vehicles produced, are challenged. This has been independent if it has been a well-established vehicle

manufacturer with more than a hundred years of experience, or a startup based on products developed by a well-established manufacturer. The product-as-service business model, which has been the starting point, has proven to have varying degrees of profitability potential and interest for the manufacturers, depending on the risks of the vehicles becoming outdated prematurely, large capital ties, and challenges in gaining customer acceptance.

The project results point to the fact that, above all, logic changes are required in the early development phases of vehicle manufacturers in order to gain traction for circular business models based on future-adaptive products. Above all, it is about how the business logic affects the design logic around specifications and target price for the production of vehicle components. Here, the documents that are central to product planning to a greater extent need to take into account total life cycle costs.

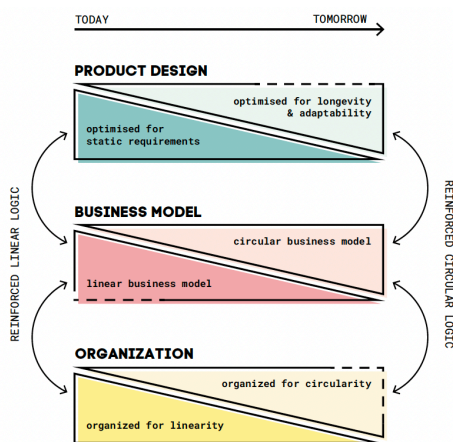


Figure 2 shows the what FAD-EV project is about, obstacles and opportunities based on current product design, business models and organization have been explored together with participating business partners. Conclusions are that in order to gain acceptance for circular business models based on extended product life, a coordination of business model, product design in the current organization and the value chain is required.

In summary, FAD can (1) increase the pace of electrification of the vehicle fleet through more adaptive vehicles and business models that lower the threshold for users and (2) reduce the climate impact of individual vehicles by increasing their lifespan and spreading the climate impact of production over a longer mileage. To support vehicle manufacturers to bring about logic changes towards a more circular business and vehicle development, the project has produced a guideline. The guideline offers practitioners in development organizations support for working with a parallel development of circular business models and an adapted product architecture with the goal of achieving profitable value preservation, both financially and environmentally/climate-wise.

Inledning/Bakgrund

Det krävs kraftfullare åtgärder för att kunna nå Sveriges miljö- och klimatmål för transportsektorn i tid⁴, där takten på elektrifieringen av fordonsflottan behöver ökas. Eftersom produktionsfasen har en dominerande miljö/klimat påverkan behöver de batterielektriska fordon (BEV's) som sätts på marknaden både nyttjas effektivare och användas under längre tid än traditionella förbränningsmotordrivna fordon (ICEV's) för att få fler fordonskilometer med låg klimatpåverkan, om en omställning till en elektrifierad svensk fordonsflotta skall bidra till att nå de nationella klimatmålen (FFF).

Allt fler fordonstillverkare har satt strategiska mål om en ökad grad av eldrivna fordon och "cirkularitet", och vid en första anblick kan fordonsindustrin tyckas vara en bransch där cirkulära praktiker redan är väletablerade, till exempel med ett stort fokus på resurseffektiv massproduktion med ständiga besparingar av material och energi, spårbarhet av material och komponenter, reparationer med krav på reservdelar under minst 10 år samt återanvändning genom en omfattande försäljning av begagnade varor. Det sker också en ökad andel återtillverkning av värdefulla komponenter, och i vissa fall uppgraderingar. Ifrån uttjänta fordon återanvänds komponenter samt järn och metaller materialåtervinns. Dagens cirkulära praktiker är dock sällan sammankopplade med fordonstillverkarnas dominerande affärs- och designlogiker, vilket resulterar i stora värdeförluster över tid av de fordon som sätts på marknaden. Tex. med barriärer för att introducera nya, mindre miljö- och klimatpåverkande teknologier, eller att fånga värden över tid genom fordonsarkitekturer som idag främst är anpassade för kostnadseffektiv massproduktion.

Flertalet av de väletablerade fordonstillverkarna arbetar dock intensivt med olika aktiviteter genom att minska klimatpåverkan för fordonen som produceras genom att välja material som framställts resurseffektivare, öka andelen återvunna råvaror i nyproduktion, resurseffektivare produktion, minskad kemikalieanvändning eller använda förnybar energi vilket totalt bidrar till både minskade kostnader och utsläpp.

Möjligheterna att förlänga ett fordon livslängd, som är den cirkulära strategi som teoretiskt har en mycket stor potential att kunna minska klimatpåverkan mer än 50%, är oftast förbisedd av fordonstillverkarna och underutforskad. För en omställning mot elektrifierade fordon är det angeläget att adressera fordonslivslängden utifrån både bristen på kritiska råvaror, den ökade produktionsbördan ifrån batteriproduktion, och det växande energibehovet för produktion av fordonsmaterial, fordonsproduktion och användning.

FAD-EV projektets teoretiska utgångspunkt har varit att ekonomisk lönsamhet och radikala miljö/klimatnyttor kan åstadkommas i fordonsbranschen genom en kombination av organisatoriska innovationer (cirkulära affärsmodeller) med tekniska innovationer (framtidadaptiv design). En starkare koppling kan då

⁴ 70% till 2030 (jämfört med 2010). Riksdagen 2021/22:RFR17

uppnås mellan cirkulära affärs- och designlogiker, genom att medvetet designa fordon för att vara "framtidadaptiva" (FAD). Detta innebär att fordonen anpassas för att klara mer fysiskt slitage, är flexibla för olika användningsfall och kan uppgraderas för att klara av framtida förändringar som uppstår under dess livscykel. Målbilden har varit en fordonsarkitektur som både är anpassad för kostnadseffektiv produktion och användning, och uppgradering och därigenom kunna fånga potentialen för miljö/klimatnyttor genom en förlängd användningstid, utifrån den totala fordonslivcykeln.

Utgångspunkten för arbetet har varit följande frågeställningar:

- Under vilka förutsättningar kan en förlängd användningstid, ekonomisk lönsamhet och miljö/klimatnyttor för fordonstillverkare förenas?
- Hur kan affärsmodell och produktdesign samutvecklas utifrån förlängd livslängd och hög nyttjandegrad och för eldrivna fordon?
- Hur kan en produktarkitektur för eldrivna fordon utformas för att bevara sitt värde över tid, genom adaptivitet, utifrån nuvarande och planerade regelverk?
- Hur ser kund- och brukarattityder ut kring framtidadaptiva produkter inom personbils B2C segmentet resp. inom B2B segmentet? Dvs vad är de för ekonomiska, funktionella, tekniska, estetiska och sociala kriterier som behöver uppfyllas för att få betalningsvilja och brukar acceptans?
- Vad behöver förändras i väletablerade fordons OEMs utvecklingsorganisationer för att nå önskade cirkulära affärs- och produktspecifikationer, och vad behöver "cirkulära" förändringsagenter i org. för att påskynda ett cirkulärt skifte?

Genomförande

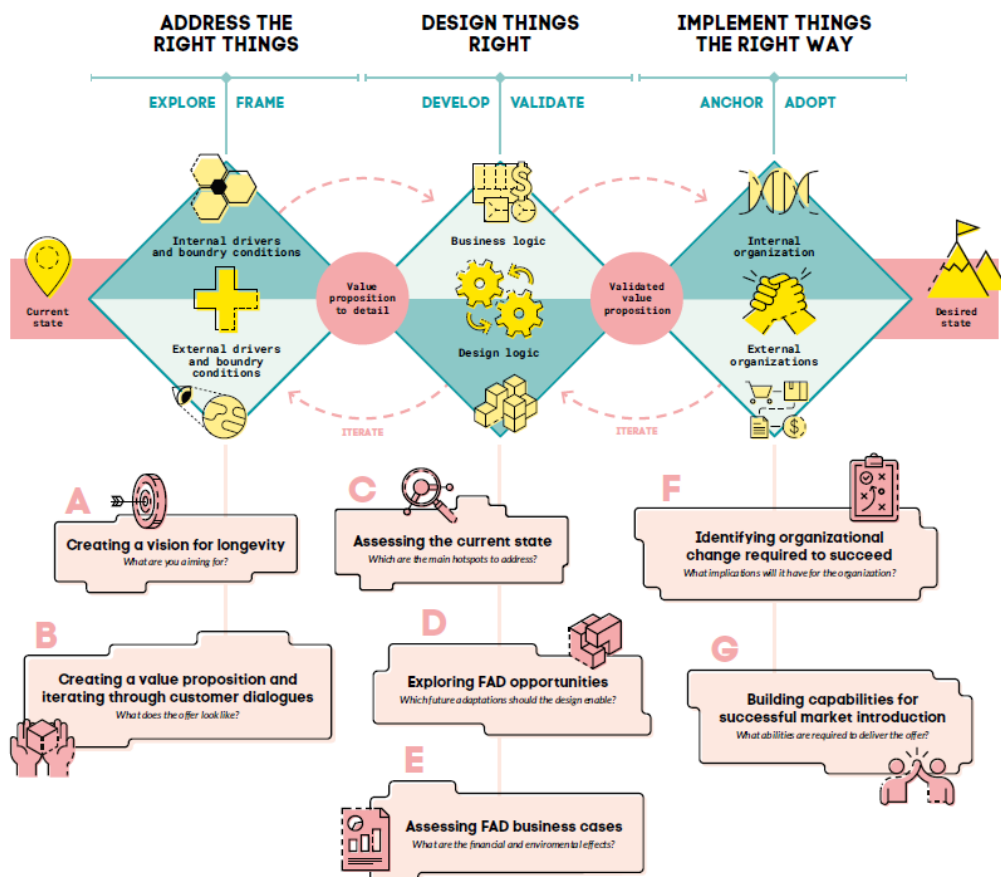
FAD-EV projektet har tagit avstamp i dagens dominerande affärs- och designlogiker i fordonsindustrin som sedan lång tid har fokuserat på konsolidering, kostnadseffektiv massproduktion (cf. Wells & Nieuwenhuis, 2002; 2006; Williams, 2006) och med ett specifikt målpris för fordonen vid försäljningsögonblicket som till mycket stor del ger förutsättningarna för fordonen att klara en tänkt användningstid, ger livscykelkostnader och de utsläpp som genereras.

Genom att utgå ifrån en radikalt längre körsträcka för både tunga och lätta elfordon, har en vision om potentialen för minskad klimatpåverkan använts som

en “lins” dels för att studera vilka styrkor och utmaningar som finns i nuvarande affärs- och designlogiker hos de deltagande organisationerna, samt dels för att identifiera möjligheter och hinder till en omställning mot cirkulära affärsmodeller som bygger på mer långlivade och uppgraderingsbara fordon. Primärt fokus har varit utifrån de två deltagande fordonsproducenternas perspektiv, men där även vissa av deras underleverantörer, kunder och konkurrenter studerats.

Projektet har varit uppdelat i fyra övergripande arbetspaket som adresserat frågor kring (AP1) potentialen för minskad klimatpåverkan på fordonsnivå och på en svensk fordonsflottanivå, (AP2) cirkulära affärsmodeller, (AP3) behov av designförändringar avseende produktarkitektur, (AP4) förändringsbehov i deltagande företagsorganisationer.

Arbetet har följt en processmetodik (CBMI), se figur nedan, tidigare utvecklat av RISE utifrån tidigare forskningsprojekt kring cirkulära affärsmodeller men som under FAD-EV projektet vidareutvecklats med bl.a. processteg för organisatorisk implementering, och en rad stödjande verktyg som använts under projektarbetet tillsammans med deltagande företagsparter.



Figur 3.: CBMI modellen

Nedan följer en kort beskrivning av innehållet i respektive arbetspaket, där resultaten redovisas under resultat.

Arbetspaket 1

AP1 har syftat till att utvärdera huruvida framtidsadaptiv design genom cirkulära affärsmodeller skulle kunna bidra till att den svenska fordonsflottan uppnår 2030 klimatmålet 70% minskning av växthusgaser jämfört med 2010. Arbetet har syftat till att ge insikter i vilka klimat reduceringseffekter framtidsadaptivdesign och cirkulära affärsmodeller kan leda till på modul-, fordons- och fordons flotts-nivå. Analysen utgår från främst analyser av två sorter: (1) Livscykelanalyser (LCA) på företagens fordon och (2) Beskrivningar på den svenska fordonsflottan och dess sammansättning i form av mängd fordon, km levererade, och koldioxidutsläpp för flottan och per genomsnittligt fordon. Fokus var på:

Steg 1. Etablera en målbild.

Undersöka dagens (2021) fordonsflottans utsläpp och jämföra med 2030 målet (att minska med 70% jämfört med 2010). Gör en grov uppskattning på hur lågt koldioxidutsläpp (g/km) för BEV- både personbilar och tungalastbilar – bör vara för att lyckas uppnå målet.

Steg 2. Uppskatta och visualisera

Livscykel koldioxidutsläpp av elfordon (g/km) för olika körsträckor, från dubbelt den antagna körsträckan i LCAerna (200 000 km för Polestar och 700 000 km för Volvo Lastvagnar) till 8 respektive 4 ggr dagens körsträckor. Antar svensk elmix.

Steg 3. Identifiera moduler och komponenter

Samt processer som väger tyngst klimatmässigt i fordonens livscyklar (hotspotanalys). Bidra med analys till designarbetet i AP3 för att informera om konsekvenser av eventuella designval.

Steg 4. Analysera olika FAD utfall

Med hjälp av analyser på elfordonens koldioxidutsläpp i olika FAD utfall, uppskatta huruvida flottans koldioxidutsläpp kunde påverkas med ökade diffusion av dessa fordon i flottan.

Steg 5. Sammanställning och summering

I slutet sammanställdes resultaten för att kommunicera både arbetssättet att jobba med miljösystemanalys parallellt med framtidsadaptiv design och resultaten som visar vad potentialen är på modul, fordon och flottenivån.

Arbetspaket 2

Syftet med detta arbetspaket har varit att navigera fram till lämpliga affärsmodeller och utveckla dem. Målet har varit hög kundnytta och att affärsmodellerna hjälper företaget att kapitalisera på investeringar i

framtidadaptiv produktdesign. Eftersom vi ännu inte har några framtidadaptiva fordon vid studiens genomförande har arbetspaketet utgått från befintlig hårdvara i framtida affärsmodell.

Steg 1: Val av affärsmodell

Här har vi utforskat vilken affärsmodell som ska utvecklas dvs navigerat i det första steget “diamanten” i CBMI processen för att hitta vad vi ska göra innan vi börjar göra det rätt. I detta projekt kom vi snabbt in på att affärsmodeller i snäva loopar såsom PaaS är rätt väg att gå för företaget ska kunna kapitalisera på investeringar i långlivad produktdesign.

Steg 2: Utveckla kunderbudandet

I den här fasen togs ‘value proposition’ fram. Analyser av vilket jobb produkten/tjänsten ska göra, vilka ‘pains’ och ‘gains’ hos kunder som vi kan adressera. Därefter utformades ‘pain relivers’ och ‘gain creators’ för erbjudandet. Kundresan måste också klargöras. I den här fasen gjordes den första iterationen med en handfull kunder.

Under projektet har fordonsansvariga för kommersiella fordonsflottor av personbilar, leasingföretag, budfirmor, taxiförare samt privatpersoner som äger äldre elbilar (>5år) intervjuats. På tunga fordonssidan har åkerier med tunga fordon, samt representanter för räddningstjänsternas fordonsansvariga intervjuats. Tanken var att få fram en behovsanalys avseende kundincitament för längre fordonslivslängd.

Steg 3: Affärsmodell & ekosystem

Här undersöks hur erbjudandet ska levereras till kund. I detta ingår alla parametrar som ska vara på plats i erbjudandet inkl. eventuella partners i ekosystemet. Vi har även undersökt hur vida PaaS-modell kan spridas bakåt i värdekedjan genom att ha samskapa mellan aktörer i värdekedjan.

Steg 4: Lönsamhet

Detta steg syftar till att simulera hur lönsamheten ser ut, i detta fall för PaaS-lösningar. Vi tog den existerande produkten och simulerade den i en PaaS-modell för att få en känsla för vilken pris-nivå som är nödvändig för svarta siffor. I denna fas sker även simuleringar av olika parametrar (t.ex. ränta, livslängd, refurbish-program etc.) för att se vad det gör för lönsamheten. Analysen ger också en god indikation av vad som äter marginal och vad som således bör adresseras till produktdesign och den s k hotspot-analysen där komponenter identifieras som har omotiverad kort livslängd och kostar mycket i pengar och klimatpåverkan.

Steg 5: Betalningsvilja

Lönsamhetsberäkningen förutsätter ju en intäkt som är en funktion av betalningsviljan varför den måste indikeras. I detta projekt ‘testade’ vi

betalningsviljan genom att räkna baklänges för att se vad kalkylen kräver för att sedan göra en bedömning om denna nivå är rimlig. Vi intervjuade också kunder på den tunga fordonssidan för att få kvalitativ verifiering av betalningsviljan.

Arbetspaket 3

Syftet med detta arbetspaket har varit att analysera:

Steg 1: Styrkor och svagheter

Styrkor och svagheter hos nuvarande fordonsarkitekturer avseende risker för att fordon blir utdaterade i förtid. Det inkluderar risker som är kända av fordonstillverkarna men också risker som är troliga eller möjliga att de inträffar, exempelvis risker som uppkommer på grund av slitage, behov av ny funktionalitet, estetiska förändringar, nya lagstiftning och kundbehov. Analyserna har utgått ifrån helbilsnivå och pga. den stora mängden komponenter (>10.000) har fokus legat på att identifiera de komponenter som har stor kostnad, och en hög miljö/klimatpåverkan att framställa, i relation till risken att bli förtida utdaterade. De identifierade riskerna för utdatering har satts i relation till komponenternas nuvarande förmågor att motstå slitage, erbjuda flexibilitet, och uppgraderbarhet.

Steg 2: Förbättringsförslag

Utifrån identifierade styrkor, risker, ekonomiska kostnader och miljö/klimatpåverkan, har förbättringsförslag tagits fram på olika tidshorisonter. Dels för helbilsnivå och mer i detalj för en komponent. Resultaten har redan använts i den parallella utvecklingen av cirkulära erbjudanden och affärsmodeller i AP2.

Steg 3: Legala aspekter

Vidare har en översiktlig genomgång av hur nuvarande certifieringsregler och lagstiftning påverkar uppgraderings/förändringsbarhet för personbilar och tunga fordon genomförts.

Arbetspaket 4

AP4 har studerat förutsättningar och förändringsbehov vid införande av en FADev baserad cirkulär affärsmodell i industripartners organisationer samt utarbetat en metodik vid införande av nya affärsmodeller i den kommersiella organisationen. Arbetsgången har bestått av följande tre steg:

Steg 1 – Identifiering av nuläge

Varje förändring utgår från ett nuläge. I steg 1 låg fokus på att analysera förutsättningarna och förmågorna i den nuvarande organisationen.

Kartläggningen bestod av en inventering av befintliga:

1. Arbetsprocesser
2. Roller
3. Funktioner
4. Kompetenser

5. Målsättningar

Steg 2 – Behov och gapanalys

Steg 2 bestod i sin tur av två delsteg.

I den första delen så analyserades vilka behov som affärsmodellen kräver rörande:

1. Arbetsprocesser
2. Roller
3. Funktioner
4. Kompetenser
5. Målsättningar

I den andra delen genomfördes en gapanalys där kraven från de nya cirkulära affärsmodellerna ställer på befintliga funktioner som tex. försäljningsorganisation, arbetssätt, processer, organisationsstruktur och roller.

Steg 3 – Metodstöd för organisatorisk transformation

Utifrån insikterna i steg 1 om de nuvarande förmågorna samt de krav som de nya cirkulära affärsmodellerna och gapanalysen så utvecklades metodstöd för att

- 1) Mäta tillståndet rörande organisationernas mognadsgrad
- 2) Överbrygga gapen mot omställningen till de nya affärsmodellerna

Resultat

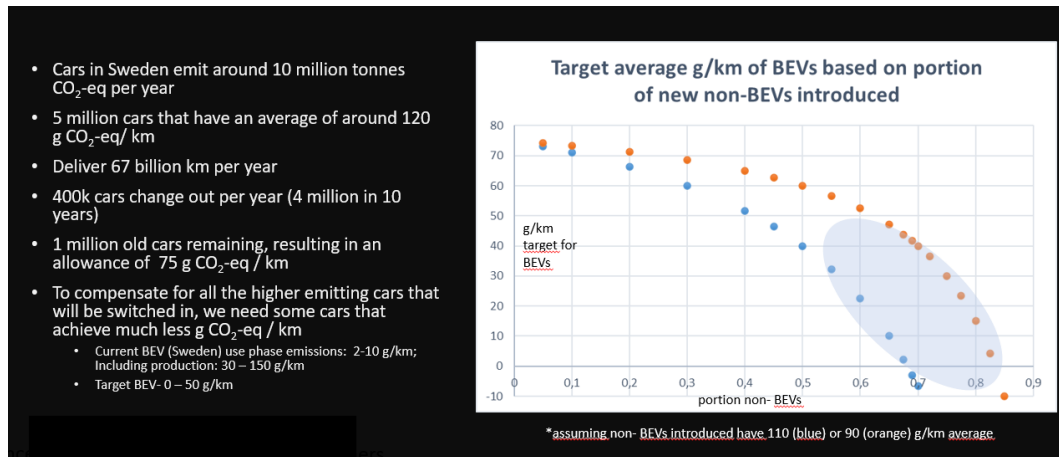
Nedan följer en kortare sammanställning av de specifika resultaten som bygger på empiri från arbetet med de deltagande parterna. Projektet har även resulterat i en vetenskaplig artikel som beskriver bakomliggande teorier och ger förslag på ett ramverk för FAD (Nyström, et al., 2021), samt en guide riktad mot praktiker i tillverkningsindustrin; Future Adaptive Design – How to create longer-lasting products for circular offerings (2023). RISE Research Institutes of Sweden. Edition 1.0.

AP1

Potentialen för minskad klimatpåverkan.

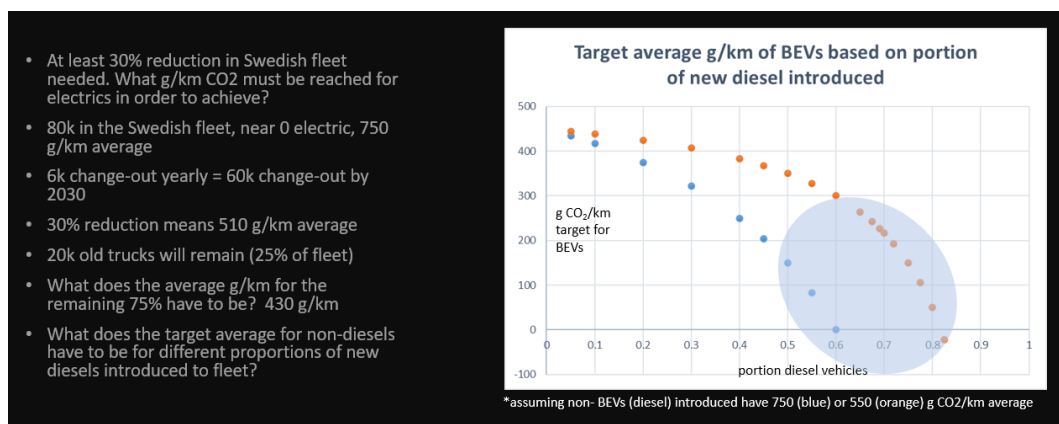
FADEV kan potentiellt öka takten av elektrifiering och minska ett fordonets totala klimatpåverkan (produktion, drift och end-of-life) genom att utöka fordonets livslängd. Tillsammans kan den ökade takten och ökad körsträcka bidra till att miljömålen uppnås, båda målen som räknar endast utsläpp under drift (energiproduktion och förbränning) och dessa där produktion inkluderas.

En analys visar naturligtvis att diffusion av BEV in till flottan (nämligen att BEV ersätter ICEV) är nyckeln till att lyckas uppnå 2030 målet men att utsläpp från BEV måste vara väldigt lågt också. Nya ICEVs utsläpp är också en viktig faktor (Figur 4 nedan).



Figur 4. Målbilden för BEV personbilar baserat på en analys på dagens (2021) flotta. Exempel: Om 65% (0,65 på x axis) av bilarna som byts in är ICEV så krävs det att BEVs som introduceras har max 10 g/km koldioxidutsläpp (blå punkt - där nya ICEVs utsläpp antas vara drygt 110 g/km) eller 48 g/km (orange punkt - där nya ICEVs utsläpp antas vara drygt 90 g/km).

Många av dagens BEV har väldigt låga g/km (under 10 g/km för personbilar, under 70 g för lastbilar) utsläpp under användning (det som 2030 målet räknar; om man räknar med råmaterial- och produktionsfaser blir g/km väsentligt högre). Figur 5 nedan visas dessutom hur svåråtkomlig 2030 målet kan vara för den tunga fordonsslottan även med väsentligt elektrifiering om nivåer på utsläpp g/km förblir höga för diesel lastbilar (över 700 g/km, blå nedan) OCH hur mycket rimligare det blir med mycket lägre utsläpp (550 g/km, orange punkter i figur 5 nedan, som kunde delvis åstadkommas med reduktionsplikt).

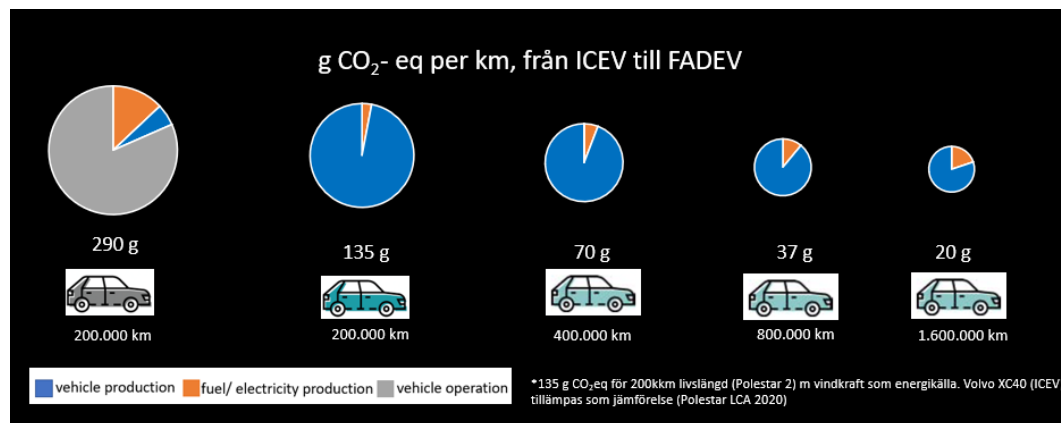


Figur 5. Målbilden för BEV lastbilar baserat på en analys på dagens (2021) flotta. Exempel: Om 60% (0,6 på x axis) av lastbilarna som byts in är ICEV (diesel) så krävs det att BEVs som introduceras har 0 g/km koldioxidutsläpp (blå punkt – där nya diesel trucks antas ha utsläpp på drygt 750 g/km) eller 300 g/km (orange punkt – där nya diesel lastbilar antas ha utsläpp på drygt 550 g/km). Referens BEV lastbilen har en utsläpp på under 100 g/km CO₂-ek.

FAD processen inkluderar hänsyn till utsläpp från olika livscykel-faser och olika komponenter och moduler. Batterier identifieras som komponenten som bidrar till mest utsläpp från en elfordons produktion. Chassin, elektronik och diverse större metall detaljer är andra komponenter i fokus. Komponenter med stort utsläpp från produktion är naturligtvis dessa som man vill ej skrota i första hand. Dessa bör

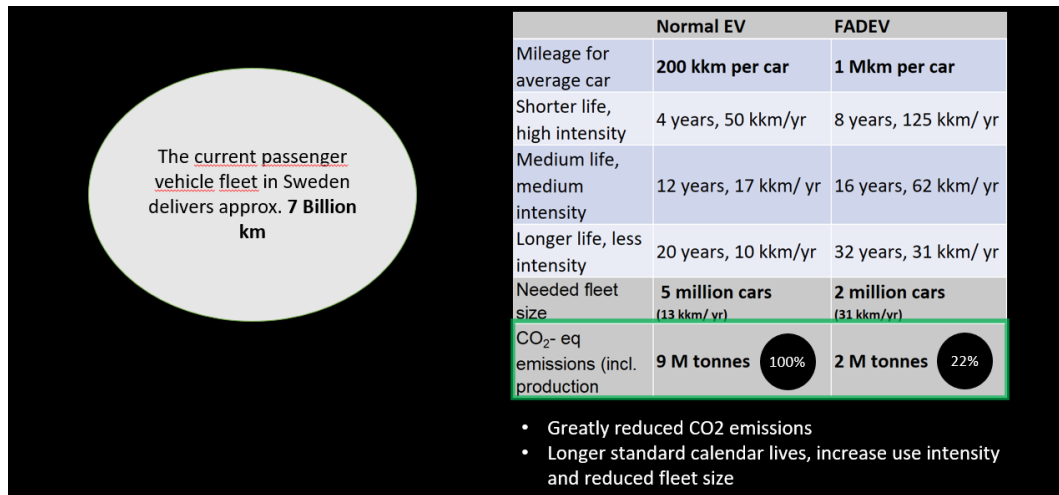
leva länge för att sprida ut deras påverkan över flera km. Logiken att jobba med *hotspotanalys* (att hitta faser och komponenter där utsläpp är störst).

Figur 6. (nedan) visar potentialen i att öka livslängden från 200 kkm till 1,6 Mkm. I utfallen som visas, måste underhåll göras och slitage delar (däck, broms, mm) tillföras men chassin, drivlinan (med Lijon batteri och elmotor) antas hålla under hela livslängden. Det sprider ut produktionspåverkan av dessa klimattunga delar över en längre körsträcka. Att övergå från en ICEV (med sina 290 g CO₂-ek per km) till en BEV (m 135 g i exemplet) är det största steget men även dessa steg att förlänga körsträcka därefter minskar mycket fordonets per-km klimatpåverkan väsentligt.



Figur 6.: Övergången från ICEV till långlivade BEV

Potentialen på fordonsnivån bidrar naturligtvis till minskning av utsläpp på flottnivån så länge svensk elmix används. Figur 7 nedan jämför 2 versioner av en fordonsflotta som levererar 7 miljarder km (som Sveriges personbilsflottan), en där fordonen levererar i snitt 200 kkm och den andra där fordonen levererar 1.0 Mkm i snitt (lite mindre än tidigare figuren). Utsläppet minskas dramatiskt till 2 Mton från 9 Mton (över 75%). För att uppnå en sådan ökade körsträcka skulle det krävas både ökad användningsintensitet (bilar skulle inte vara stillastående) och att bilar skulle behöva leva längre (kalendertid). Förändringen skulle ha en annan inverkan på fordonsflottan om funktionen den levererar förblir den samma, att det behövs inte lika många bilar. Utan att ta hänsyn till tider då flest bilar används (pendlingstider) skulle bara 40% av flottan behövas för att leverera 7 miljarder km.



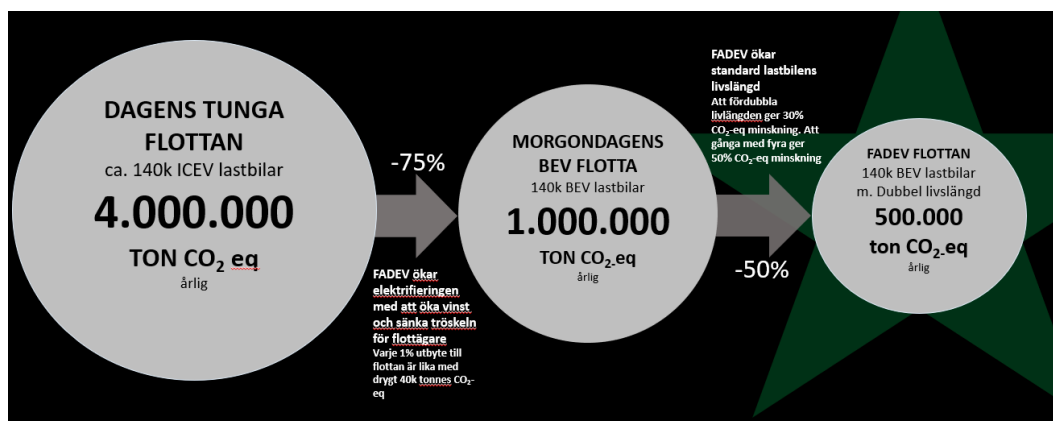
Figur 7.: Körsträcker vanlig el personbil och FAD elpersonbil

Tunga fordonen och fordonflottans utsläpp påverkas på ett liknande sätt. Elektrifieringen är det största steget som kan göras. Livscykelanalyser på en lastbilmodell visar att ICEV-versionen har koldioxidutsläpp på mer än 800 g per km och BEV versionen, under 200 g per km.

Att utöka BEVs körsträcka utgör en stor potential, fast kanske inte lika stor än för personbilar. Tunga fordonen används redan mycket mer intensivt och deras körsträcka uppskattas vara väsentligt längre än personbilar (700 kkm som var antagen i fordon OEMs livscykelanalys). Därmed utgör användningsfasen en större relativ del av totala utsläppen (produktion plus drift) än för personbilar som är stillastående längre. Därför är potentialen att utöka körsträcka inte lika stor rent praktiskt och det påverkar det uppskattade potentialen att minska utsläpp per km. Ändå kan BEV lastbil modellens utsläpp minskas från drygt 190 g per km till drygt 130 g/km om körsträckan fördubblas, och till drygt 90 g per km om körsträckan fördubblas igen.

Det är dock viktigt (som med personbilar) att batterier hållas i bruk. Om batterier byts blir minskningen mycket mindre till 170 g/km (jämfört m 130) för en fördubbling och bara drygt 160 g/km (jämfört med 90) för en till fördubbling. Beroende på hur man räknar kunde batteriåterbruk efter batteribyte hjälpa att återhämta en del av den möjliga förlusten. Alternativt diskuteras det hyperlånglivade batterier på flera front som kan leda till att de FADEV potentialer som presenteras kan bli verklighet.

Med hänsyn till siffrorna på fordonnivån ser vi att FADEV kan hjälpa minska utsläpp på flottnivån (figur 8 nedan). Varje procent av utbyte från ICEV till BEV kan minska flottans utsläpp med tiotusentals ton. Att sedan förlänga livslängd på lastbilarna kan sedan mer än halvera utsläppen igen. Enligt uppskattningen skulle resultatet kunna bli en fordonsflotta med mindre än 25% av den ursprungliga koldioxidutsläpp (fordons produktion inkluderad).



Figur 8.: Minskingspotential av Co2 vid införandet av FAD el-lastbilar på fordonsflotta nivån från diesel till FAD .

AP2

Framtagning av värdeerbjudande.

I fallet med Volvo Trucks har erbjudande för ellastbilar använts som utgångspunkt där projektets frågor kring livslängd och miljönyttor har inkluderats och breddats till att omfatta ett "produkt som tjänst" erbjudande (Paas), mer specifikt ellastbil på prenumeration.

Vi har kunnat se att ellastbil som tjänst med korta uppsägningstider genererar en del kundvärde såsom att risken försvinner för kunden (restvärden, kommer annan teknik etc) eftersom bilen inte ägs av kunden. Den stora kundnyttan är dock att ett åkeri kan ta sig an kortare avtal utan att dra på sig nyinköp av nya lastbilar vilket de inte vågar med längre fordonsavtal då de riskerar att stå med en för stor flotta efter avtalet. Åkeriet kan helt enkelt nyttja en del av de lastbilar de behöver mer efter behov i realtid istället för att beställa alla fordon med avtal på flera år. Betalningsviljan från åkerierna för den här tjänsten indikerar att det finns en intressant affär att undersöka närmre i detalj.

I projektet undersöktes också om det skulle gå att bilda en 'PaaS-kedja' dvs lastbilstillverkaren köper i sin tur t ex påbyggnader som tjänst och påbyggnadsaktören kanske t o m kan köpa t ex en lastkran som tjänst till påbyggnaden. Allt slutar som tjänst hos brukarkund. Ett möte med representanter från lastbilstillverkare och påbyggnadsaktör genomfördes med lovande resultat dock utan konkret erbjudande.

Även för Polestar var startpunkten produkt som tjänst men slutade med en affärsmodell gällande batterier där osäkerheten kring batteriets tekniska hållbarhet elimineras. Detta kom fram som det stora hindret för personer att köpa eller leasa en äldre elbil. Risken är begränsad att batteriet ska gå sönder men kostnaden är så stor om det händer att äldre elbilar blir oattraktiva vilket motverkar projektets idé om ökad hållbarhet via långlivade fordon. Idén är en klassisk försäkringsidé där ett kollektiv för täcker upp för dem som råkar illa ut dvs många betalar en mindre (försumbar) summa för att eliminera risken för en stor kostnad. Därmed borde osäkerheten för att köpa äldre elbil vara eliminerad, åtminstone ut batteriets synpunkt. Fordonstillverkaren får också automatiskt starkare incitament att bygga

batterier som håller länge och är kostnadseffektiva att byta ut. Erbjudandet kom att kallas "Extended battery warranty" syftandes till att mot en premie per månad kunna förlänga garantin för batteriet efter år 8 och uppåt.

Förlängd avskrivningstid som möjliggörare för långlivade produkter....

De principbaserade redovisningsregelverken säger att tillgångar ska skrivas av över dess förväntade nyttjandeperiod, vilket innebär den period som företaget förväntar sig kunna använda tillgången. I praktiken använder sig många företag av praxis när de bestämmer avskrivningstider för sina tillgångar, som ofta sträcker sig mellan 3–5 år.

För långlivade produkter kan korta avskrivningstider vara ett hinder eftersom de riskerar att resultera i överdrivna kostnader för de första åren och därmed påverka lönsamheten på ett negativt sätt som inte ger en rättvisande bild. Om företag med långlivade produkter kan motivera längre avskrivningstider har de möjlighet att sprida ut avskrivningskostnaden över fler år och på så sätt visa bättre lönsamhet under de första åren. Detta kan vara av stor vikt eftersom många aktörer inte har möjligheten att vara olönsamma under 3–5 års för exempelvis sina ägare, finansiärer eller ledningar.

AP 3

Analys av befintlig produktarkitektur för lärande kring förbättringar

Utifrån den vision för förlängd livslängd som i början av projektet togs fram tillsammans med de deltagande företagen genomfördes analyser av de största riskerna för att fordonsarkitekturen blir utdaterad i förtid. Sådana risker innebär att fordonen kan sjunka i värde och nytta när de på olika sätt riskerar att bli oattraktiva, för användare och fordonsägare.

Risker för förtida utdatering för eldrivna personbilar

Statistiskt är livslängden för personbilar i Sverige ca 17 år och i EU ca 10 år, men många fordon kan bli betydligt äldre än så⁵, där faktorer som körsträckor, körbeteenden, underhåll och klimatet där fordonen körs spelar in. Det finns ingen gemensam standard för biltillverkare kring livslängd, men siffror som angetts är att personbilar utvecklas för en körsträcka på ca 200 000 km över 10 år⁶. Detta avspeglar sig i testkriterier för fordonskomponenter hos fordonstillverkarna, och där många komponenter kan bytas ut för att kunna påverka livslängden. Men fordonsarkitekturen och tillgång och prissättning av reservdelar styr sedan hur lång faktisk användningstid ett fordonet får.

När det gäller elbilar finns relativt lite tillgång till öppen information kring om den förväntade livslängden generellt kommer kunna vara längre än för ICE fordon, utan olika tillverkare har olika livslängdsambitioner. Det vi identifierat är att omställningen i fordonsindustrin mot fler delningstjänster och självkörande

⁵ <https://www.dagensps.se/motor/ovantade-listan-bilarna-som-lattast-nar-40-000-mil/>

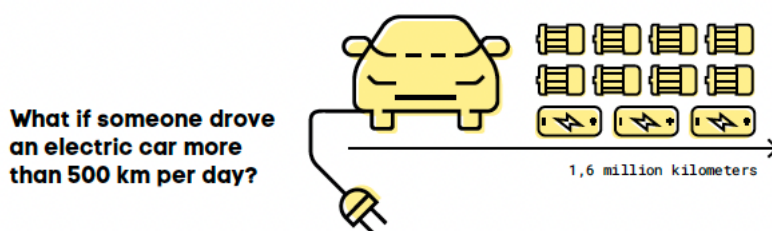
⁶ Uppgifter som lämnats vid personliga intervjuer med tillverkare av personbilar, och offentligt publicerade livscykelanalyser

fordon har fått vissa tillverkare att ta fram fordon som förväntas rulla dubbelt så långt som konventionella bilar.⁷

Intervjuer med elbilsförare och skrivbordsobservationer pekar dock på att livslängden kan bli betydligt högre. En aspekt är korrosion, där vissa tillverkare som t.ex. Tesla och BMW i vissa modeller använder Aluminium och kolfiber, som minskar eller helt eliminerar korrosion i chassit. Men i det stora flertalet elbilar är det fortfarande traditionell stålplåt som används, och där korrosionsskyddet inverkar på livslängden.

När det gäller drivlinekomponenter som motorer, kraftelektronik och batterier mm. så innebär el-drivlinans färre antal rörliga delar mindre mekaniskt slitage, men som ersätts av risker för utmattning av elektronikkomponenter från temperaturvariationer, kemiska processer mm.

Som exempel rapporterades att en Tesla model S satt rekord i att ha kört över 1 500 000 km⁸. De taxiförare som intervjuats, rapporterade körsträckor på 500 000 upp till 700 000 km, innan högvoltsbatteriet hade behövt bytas ut. I fallet med den tyska teslaföraren rapporterades att 8 elmotorer och 3 batteripaket hade behövts bytas ut under den totala körsträckan. Värt att notera var att motorerna från början höll i 60 000 mil, men sedan bara i 10 000 mil och batteripaketet i xx Km. Jämfört med drivline-komponenter i en ICE fordon är detta ändå betydligt längre. Dessa specifika uppgifter har inte gått att verifiera i detalj, utan får ses som indikationer på en möjlig livslängd.



Andra risker som kan innebära höga kostnader är skador av batterilådan, där relativt enkla skador ifrån felaktiga lyftpunkter vid däckbyte, eller påkörningar av trottoarkanter inneburit skador på batteriet som resulterat i höga reparationskostnader. De flesta fordonstillverkare garanterar idag batterikapacitet på 80 % upp till 10 år och 160 000 km. Som jämförelse anger Trafikanalys (2020) 14 år som en förväntad livslängd för batterier i laddbara bilar⁹. Men vissa tillverkare har tagit ett betydligt större kliv och börjat erbjuda batterigaranti på upp till 1 Milj Km och 10år (se vidare under Globala trender).

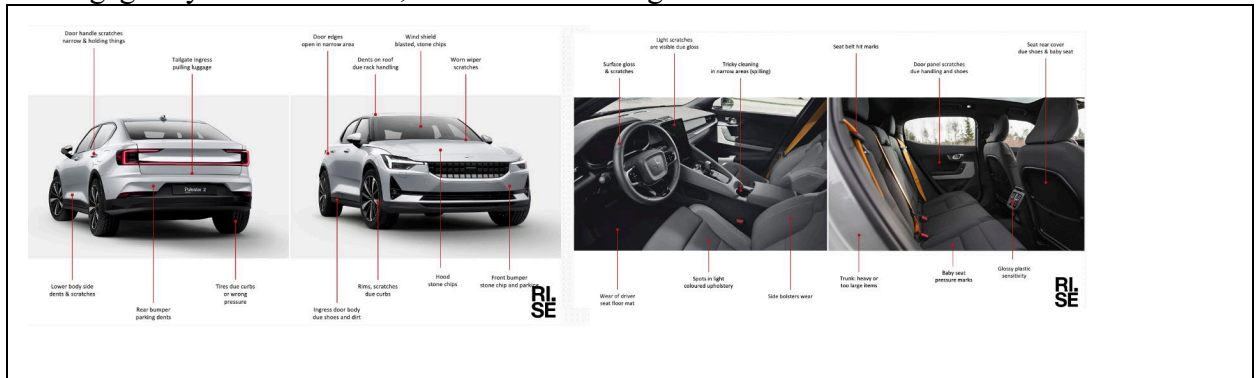
När det gäller visuellt slitage exteriört och interiört har elbilar samma risker som ICE. Höglackade lackade exteriöra karosseytor, med plastkåpor (bumpers) och stora aluminiumfälgar innebär stora risker för parkeringsskador som dörruppslag eller påkörningar som snabbt blir dyra att åtgärda. Interiört innebär ljusa sätestextiler, och kontakt med vassa föremål som ringar, nycklar eller från lastade föremål

⁷ <https://www.electrive.com/2022/11/17/zeekr-launches-autonomous-sea-m-platform/>

⁸ <https://insideevs.com/news/559261/tesla-models-p85-1500000-kilometers/>

⁹ Trafikanalys, 2020, Vägfordonsflottans utveckling till år 2030, PM 2020:7

risker för fläckar och repor i interiöra plastdetaljer. Speciellt ytor runt bakluckan och bagageutrymmet är utsatta, vid i och urlastning av väskor mm.



Figur 9: Sammanställning av analyser av risker för visuellt slitage i exteriör och interiören för en eldriven personbil. Dessa risker är till stora delar gemensamma för de flesta moderna personbilar där exteriöra lackerade ytor är känsliga för parkeringsskador med skav på aluminiumfälgar, skärmar, stötfångare och ytor vid insteg och i/urlastning. I interiören är risker kopplade till fläckar på ljusa sätes textilier och tak, displayer. Vid skador blir det snabbt tidsödande och kostsamt att åtgärda för de fall där delar i exteriören eller interiören behöver demonteras.

Digitaliseringen av fordon innebär alltmer inbyggd elektronik och digitala tjänster, en utveckling som har beskrivits som att fordonen blir allt mer “smartphones på hjul” (Circle Economy, 2016). Precis som våra smartphones snabbt blir utdaterade, riskerar fordonens hårdvaror bli utdaterade i fall där mjukvaru-uppgraderingar inte går att genomföra av tekniska eller affärsmässiga skäl.

Tesla har varit föregångare med att lägga mer tonvikt på mjukvaruuppgraderingar i stället för årsmodellförändringar, vilket varit ett rådande paradig sedan 1930-talet i fordonsindustrin. Genom kontinuerliga uppdateringar har Tesla visat att det går att uppdatera ett befintligt fordon med nya avancerade funktioner som autonom körning mm. Dock finns det även en gräns för vilka modellår av Teslor som kan uppgraderas med nya funktioner. För andra tillverkare som integrerar Android Auto eller Apple carplay så påverkas man av Google och Apples operativsystem för kopplingen till fordonets infotainmentsystem, med likande risker som för smartphones där en viss version av operativsystemet inte kan användas på en äldre smartphone.

Men generellt så utgör den snabba digitala teknikutvecklingen ett av de största riskområdena för förtida utdatering, tillsammans med räckvidd och batteridegradering, samt reparerbarhet/utbytbarhet av högvoltbatterier.

Analys av förutsättningar för lämpliga produktarkitektur för tunga fordon (Volvo Trucks).

Produktarkitekturen för tunga lastbilar är anpassad för hårda mekaniska belastningar och långa körsträckor där den förväntade livslängden för en dieseldriven lastbil är ca 700 000 km, men där totala körsträckor över fordonets livscykel kan vara 1 500 000 km eller mer beroende på typen av användning. Textlastbilar som rullar på jämna vägar i central Europa, jämfört med anläggningsbilar i skogs- eller gruvindustrin med extremt stora laster (90 ton) och krävande underlag. Beroende på användningsfall kan det bli stora skillnader av slitage på

drivlinekomponenter och den strukturella belastningen på fordonets rambalkar (framför allt anläggningsbilar). I de fall de bärande rambalkarna blir utmattade kan innebära att kostnaderna för renovering blir för höga, och fordonet skrotas. Osäkerheten om den totala fordonslivslängden är stor, detta då fordonstillverkarna oftast bara har kontroll över fordonen ifrån försäljning till den första kunden, upp till ca 3 år. Fordonen säljs sedan vidare till andra aktörer som i många fall inte använder sig av originalverkstäder för att tex. minska sina kostnader. Efter 5 år, runt 600 000 mil, exporteras de till länder med lägre utsläppskrav än i Sverige, eller EU, i de fall åkerierna inte längre får köra med en viss Euro-klass.

För fordonsköparna, som består av mindre åkerier eller stora flottägare är livscykelkostnaderna centrala och avgörande för val av fordon. För enskilda åkare är även bekvämlighet och restvärde viktigt vilket gör att olika typer av extra tillval i interiören eller motorstyrka ofta väljs.

Tunga eldrivna fordon bygger på samma grundarkitektur som dieseldrivna med rambalkar men där drivlinan är annorlunda uppbyggd med placeringar av batteripaket på sidorna och elmotorer med kardanaxel eller integrerade motorer och kardanaxlar (s.k. E-axel). När det gäller batteriplaceringar finns två tydliga skillnader. Hos de europeiska och amerikanska tillverkarna är batterierna fast monterade längs rambalkssidorna och laddas med stationära snabbbladdare, medan det i Kina är en växande trend med batteriplaceringar bakom hytten för att möjliggöra snabba batteribytten där batterierna kan laddas i en långsammare takt. När det gäller risker för att ellastbilar skall bli utdaterade i förtid är de största riskerna kopplade till högvoltsbatterierna och räckvidd.

Omställningen till tunga elfordon i Sverige går trögt och höga inköpspriser och tillgång till laddinfrastruktur, tillsammans med låga marginaler gör att åkerier behöver lita på att de investeringar de gör i tunga elfordon skall löna sig, vilket skapar en tröghet.



Figur 10: Analys av risker för förtida utdatering av i interiören för en tung lastbil. Liksom för personbilar är riskerna för estetiska risker avseende tex. visuellt slitage liknande som för personbilar, men med skillnader att förarsätet är utsatt för mycket intensivare användning med partiellt slitage vid många i- och ursteg. När det gäller funktionella risker är det framför allt instrumentpanelen som är utmanande genom att en snabb teknikutveckling riskerar göra moduler för information och kommunikation utdaterade med utmaningar att kunna uppgradera med nya framtida funktioner som kan kräva att ny hårdvara installeras.

Globala trender i fordonsindustrin kring livslängd och förändringsbarhet



Utifrån FAD-EV projektets utforskande av mer långlivade adaptiva fordon som bygger på en mer modulär fordonsarkitektur ser vi ett antal globala trender i fordonsindustrin som både kan agera drivkrafter, likväl som motkrafter som riskerar att försvåra långlivade elfordon.

Trender som är pådrivande kan framför allt hittas hos flera av de hundratals startups globalt som utvecklar eldrivna fordon, som framför allt p.g.a. de stora finansieringsbehoven för att starta upp fordonsproduktion, satsar på olika typer av modulära plattformar, standardkomponenter och öppen innovation och öppna mjukvaror mm. Exempel på sådana aktörer är Local Motors, Arrival, Rivian, Fisker, Volta och H2x. Local Motors, tog fram flertalet fordon med hjälp av en öppen innovationsprocess med hundratals deltagare, där stora delar av fordonen tillverkades med 3D-printing och av standardkomponenter. Arrival, som framför allt siktar mot leveransföretag med LCV's har utvecklat en modulär fordonsarkitektur med aluminiumprofiler, med exteriöra kompositprofiler som skall produceras i s.k. mikrofabriker som bygger på att kunna producera flera fordon, parallellt i små distribuerade och högt automatiserade produktionsanläggningar för ökad flexibilitet och att snabbare kunna marknaden. Själva förändringsbarheten i mikrofabriken menar Arrival är nyckeln för att kunna producera kostnadseffektivt.

Kinesiska tillverkare som t.ex. NIO utmanar etablerade strukturer genom sin batteribytesteknik. I Kina är batteribytet vanligt förekommande både på personbilar och tunga fordon och där även batterikapaciteten kan varieras i ett befintligt fordon. De flesta amerikanska och europeiska tillverkare håller dock fast vid fordonsintegrerade batterier för att få full kontroll över sina batterier och värdekedjan.



Figur 11: Exempel från Local Motors

	
<p>Aulton uppger att de har 600 batteribytesstationer i Kina för byte av personbilsbatterier där de under mer än 10 år genomfört miljontals batteribyten. Tiden för ett komplett batteribyte uppges vara under 1 minut.¹⁰</p>	<p><i>Mobil batteribytesstation för tungafordon i Kina. I en trailer förvaras batterier som automatiskt byts ut. Källa Sweden-China Bridge 2022¹¹</i></p>

Figur 12: Exempel Batteribytes koncept

När det gäller förväntad livslängd för batterier sker en snabb teknologitveckling där tex. Northvolt aviserade en förväntad batterilivslängd för en lastbilsapplikation på 1,5 Milj km¹², och där andra teknologier utlovar kraftigt förkortade laddtider¹³ och där tillgång på mer verklig fordonsdata över batteridegradering som visar att degraderingen inte verkar bli så snabb som tidigare antagits¹⁴. Tillverkare av personbilar som Toyota, har i sina Lexusmodeller börjat erbjuda en batterigaranti på 1 Milj km /10år¹⁵, vilket är ett stort kliv jämfört med den batterigaranti som många tillverkare erbjuder på 160.000km /8år.

¹⁰ <https://cnevpost.com/2022/08/12/aulton-says-it-has-achieved-30-million-cumulative-battery-swap-services/>

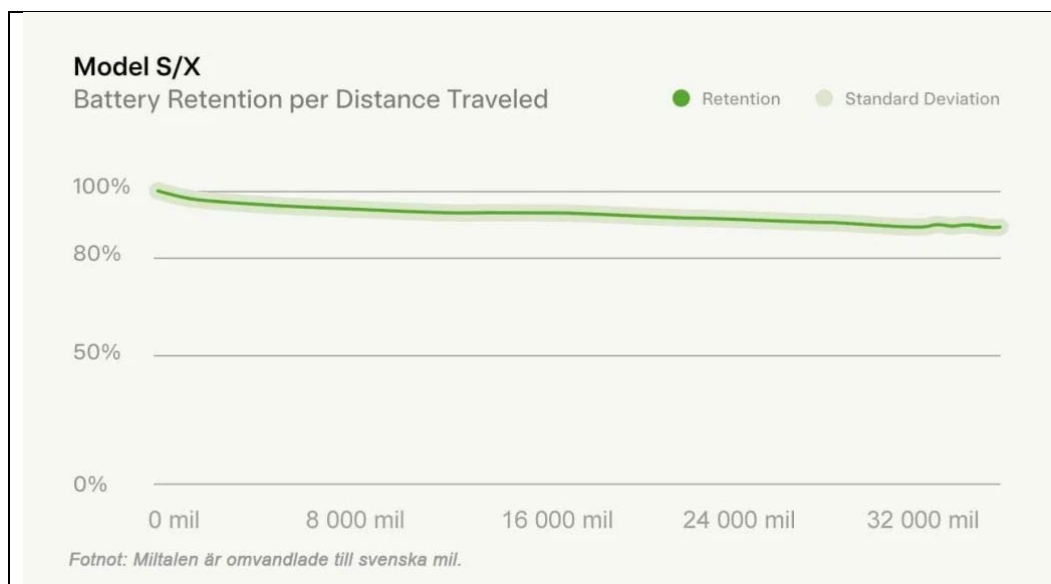
¹¹ <https://www.hh.se/forskning/var-forskning/forskning-vid-akademien-for-foretagande-innovation-och-hallbarhet/forskningsprojekt-vid-akademien-for-foretagande-innovation-och-hallbarhet/sweden-china-bridge.html>

¹² <https://www.nyteknik.se/energi/scania-och-northvolts-nya-battericell-for-lastbilar-ska-klara-15-miljoner-kilometer/2023598>

¹³ <https://medium.com/predict/storedot-just-destroyed-tesla-c91cbd996373>

¹⁴ <https://www.recurrentauto.com/research/how-long-do-ev-batteries-last>

¹⁵ https://www.lexus.se/content/dam/lexus/nmsc/sweden/documents/produktbroschyren/Brochure_UX_300e_tcm-3174-2141922.pdf



Figur 13 Batteridegradering för Tesla över tid baserad på verklig kördata, där nära 90% av den ursprungliga kapaciteten är kvar efter 32.000 mils körning¹⁶.

Renault är en fordonstillverkare som kommunicerat stora cirkulära satsningar med planer på det man benämner som Re-factories där äldre fordon uppgraderas. Exempelvis ska första generationen av Zoe uppgraderas med större batteri efter mer än 10 års användning¹⁷, som eller kan konverteras från ICE till el i industriell skala. Möjligheterna att uppgradera vissa elbilmodeller som tex. äldre modeller av Nissan LEAF till större batteripack har identifierats av olika tredjepartsaktörer som erbjuder olika uppgraderingstjänster¹⁸, vilket med äldre elbilar med låga räckvidder kan innebära en växande marknad för verkstäder, i takt med att intäkter ifrån service av ICE fordon minskar.

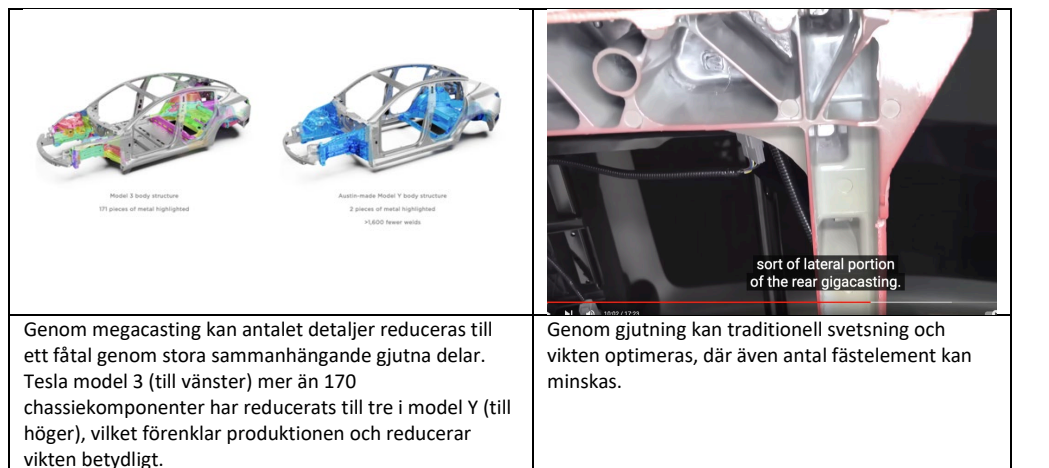
Trender som riskerar att korta ner fordonslivslängd och försvåra förändringsbarhet är till exempel ökat fokus på lättvikt för elfordon, och kostnadseffektivare produktionsmetoder som tex. "megacasting" och karossintegrerade batterier. Genom s.k. megacasting gjuts stora sammanhängande karosseridelar där antalet komponenter kan reduceras radikalt. Tesla visar till exempel att de minskat antalet separata karosseridetaljer ner till några få gjutna delar som skapar den bärande karossen¹⁹. De fördelar som finns med megacasting är att det byter material från stål till aluminium som kan minska korrosionsproblem, och underlätta materialåtervinning. Mindre ihopsatta delar i karossen minskar även riskerna för kvalitetsbrister och vattenläckage mellan delar.

¹⁶ <https://alltomelbil.se/rapport-sa-haller-batteriet-i-teslas-elbilar-efter-32-000-mil/>

¹⁷ <https://www.vibilagare.se/nyheter/renault-uppdaterar-gamla-zoe-siktar-pa-100-000-mil>

¹⁸ <https://teslaclubsweden.se/byt-till-storre-batteri-i-gammal-leaf/>

¹⁹ <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2022031991>





Figur 14 Exempel på konstruktionslösningar

I Tesla model Y har man även tagit ytterligare ett radikalt grepp genom att utveckla ett karossintegrerat batteri som inkluderar en stor del av inredningen med golv och säten. Detta minskar vikten för batteripaketet med ca 50% jämfört med motsvarande konkurrenter och innebär förbättrad räckvidd och genom en ökad packning i batteripaket har både vikt och produktionskostnaderna pressats ner.

Nackdelar med denna typ av integrerade batteripack är att de riskerar att bli engångsbatterier, dvs. det går inte att byta ut enstaka celler kostnadseffektivt. Möjligen kan defekta celler stängas av via batterimjukvaran, vilket innebär att batterikapaciteten över tid reduceras. Vid yttre åverkan, som mindre kollisioner eller fel på celler så behöver batteriet skrotas och materialåtervinnas. I Teslas fall verkar det vara detta man fokuserar på, att batterier kan ses som högvärdig malm snarare än reparerbara eller uppgraderbara komponenter.²⁰

Svetsade batterikopplingar minskar även där kvalitetsriskerna genom t.ex. dåliga interna kontakter eller kortslutningar, och väl förseglade batterilådor fyllda med fogmassor minskar risken för vatteninträngning. Vilket ökar möjligheterna för att de batterier som produceras lever hela den förväntade livslängden.

²⁰ <https://www.torquenews.com/11826/elon-musk-says-4680-cells-are-recyclable-following-munro-s-challenge-tear-down-structural-pack>

	
<p>Genom Teslas karossintegrerade batteripaket för model Y kan vikten reduceras med ca 50% och där batteripaketet kombineras med en stor del av interiören som golv och säten mm.</p>	<p>Batteripaketet byggs upp av cirkulära battericeller som svetsas ihop och hela paketet förseglas till en komponent där det är extremt tidskrävande att öppna och byta ut kilda celler. Vid en krock eller skada på enskilda celler så framstår materialåtervinning som enda alternativet.²¹</p>

Figur 15 Exempel på batteriplaceringar

Utifrån de LCA-analyser som FAD-EV projektet utgått ifrån har högvoltsbatterier den största enskilda miljöbelastningen och den förväntade livslängden påverkas både av antal laddcykler, åldring över kalendertid samt laddnings- och urladdningsmönster. Det blir då centralt att med nuvarande batteriteknologier utnyttja installerade batterier under så många km som det går för att sprida ut miljöbelastningen över längre funktionell enhet. Att då industrin går emot karossintegrerade batterier framstår som riskabelt utifrån de värdeförluster som sker ifall batterier blir skadade, används felaktigt eller tillverkningsfel uppstår.

Likande scenarion kan ske för stora gjutna karosseridetaljer ifall det sker skador. Redan idag blir kostnaderna för fordonsägare och försäkringsbolag höga vid små parkeringsskador. Om karossdetaljer inte kan separeras och bytas ut kommer troligen dessa värdeförluster öka betydligt.

²¹ MUNRO LIVE <https://www.youtube.com/watch?v=ozes13OZEG0>



Figur 16 Stora sammanhängande karossdelar och integrerade batteripaket ökar riskerna för att elfordon behöver skrotas och delarna materialåtervinnas även vid relativt små skador. Batteripaket utgör ofta betydligt mer än hälften av fordonsvärdet vilket kan innebära stora förluster för fordonsägare och försäkringsbolag²². Förutom, att potentialen för minskad klimat/miljöpåverkan snabbt reduceras i de fall högvoltsbatterier materialåtervinnas eller deponeras.

Analys av policy och regelverksförändringar för att möjliggöra en marknadsintroduktion av adaptiva fordon

Lagstiftningsmässiga hinder finns också, vid nyttillverkning av de flesta produkter finns det etablerade sätt att säkerställa att produkter uppfyller kraven vad gäller säkerhet för människor eller säkerhet för miljön t.ex. genom typgodkännande. Vid design av produkter som är tänkta att användas längre och förändras över tid behöver lagstiftningen kring produkten och hur den påverkar vad du gör följa med. Nya frågor uppstår relaterade till exempelvis nya sätt att verifiera kvaliteten på din tilltänkta produkt eller frågor som rör innehållet i produkten (detta är viktigt om din produkt har en miljömärkning).

En annan fråga är tillgång till data om produkten. Spårbarhet är en viktig fråga då tillgänglighet till produktinformation och spårbarhetsdata ger ökade möjligheter att underlätta återanvändning. Till exempel information om tillgängliga reservdelar eller instruktioner för demontering och montering. Här finns en stor fördel för fordonsprodukter i och med IMDS databasen med detaljerade innehåll kring material och substanser.

Juridiska frågor kan också uppstå som inte är uppenbara vid första anblicken. Den avsedda framtida adaptiva produkt kan också påverka garantier (för vad och hur länge). Många av dagens produkter är också CE-märkta.

Hur kommer din tilltänkta framtida adaptiva produkt att CE-märkas? Kommer en ny CE-märkning att krävas? För fordon finns det många regler på olika marknader som förhindrar eller försvårar vad som kan uppgraderas, om uppgraderingar ändrar fordonets ursprungliga funktioner eller prestanda. Ett exempel är att uppgradera ett batteri i en elbil till en större räckvidd om fordonets totalvikt

²² Scratched EV battery? Your insurer may have to junk the whole car <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/scratched-ev-battery-your-insurer-may-have-junk-whole-car-2023-03-20/>

ändras (eftersom det påverkar vilken information som registreras om fordonet i fordonsregistret). Ett tyngre fordon kan också kräva andra typer av bromsar. Att byta en del i en komplex produkt kan alltså påverka andra delar ur ett säkerhetsperspektiv. Beroende på marknad finns det också skillnader vem som avgör om produkten är säker att använda.

Uppdatering av mjukvara via uppkopplade fordon ger nya möjligheter, men också nya risker. Det finns olika sorters uppdateringar t.ex. kan en uppdatering direkt påverka ett fordonstypgodkännande eller inte alls påverka detta. En uppdatering kan också handla om att åtgärda en känd bug i mjukvaran eller så kan en uppgradering ge fordonet nya funktioner som behöver testas i en fordonsbesiktning. Dessutom kan förare behövas göras uppmärksamma på fordonets nya funktioner i syfte att förhindra att trafikfarliga situationer uppstår. För en fordonstillverkare innebär detta att den kan behöva visa omfattande dokumentation för typgodkännandemyndigheten.

Inom EU till exempel avgör en myndighet (dvs typgodkännande) om ett fordon är säkert att använda. I USA är det tillverkaren som avgör om fordonet är tillräckligt säkert för att släppas ut på marknaden, men om tillverkaren släpper ut ett fordon på marknaden som inte är tillräckligt säkert är risken hög för stora ekonomiska konsekvenser för tillverkaren om något går fel. På vissa marknader kan det vara lättare att byta en produkt, men riskerna är också högre.

Vilka policy och regelverksförändringar behövs?

Beroende på vilken aspekt som en fordonstillverkare vill arbeta med för att åstadkomma ett adaptivt fordon, blir det aktuellt att studera regelverket för just den aspekten. Det finns regelverk som är generella t.ex. fråga om hur data från fordon kan återvinnas och regler som är specifika för fordon. Ett exempel på regler som är fordonsspecifika är idén om att ett visst fordon har ett specifikt ändamål t.ex. fordonet är en buss och att ett fordon inte kan ha olika ändamål samtidigt dvs vara en lastbil och en buss. Med dagens regelverk går det inte att åstadkomma fordon som har flera ändamål samtidigt. Det finns också målkonflikter inbyggda i regelverket. Det finns regelverk som går ut på att fordonstillverkare ska kunna redogöra för exakt vad ett fordon innehåller t.ex. EU:s taxonomiförordning, vilket är görbart med jungfruligt material. Att exakt kunna redogöra för vad ett fordon innehåller ur miljösynpunkt försvårar samtidigt återanvändning av äldre fordonsdetaljer i nya fordon eftersom fordonstillverkaren kanske inte vet vad detaljen innehåller ur ett substansperspektiv.

Summering av kundincitament för längre fordonsliv

De intervjuade representanterna för kommersiella fordonsflottor, leasingföretag och enskilda kommersiella fordonsägare ger bilden att det idag finns väletablerade dominerande inköpslogiker där operationella leasingkontrakt (där leasingbolaget äger fordonet) ligger på 24–36 månader och där incitamenten för längre livslängd inte finns hos leasingkunderna, och där då kör- och framförallt laddningsbeteenden kan påverka den totala livslängden på fordonens högvoltsbatterier. Leasingföretagen beskriver en strävan efter att reducera den

ekonomiska risken och hålla upp en stor omsättningstakt på nya bilar och menar att osäkerheten kring batterilivslängd gör att man ogärna vill äga elbilar längre än 3–4 år. Flera leasingföretag har börjat erbjuda operationell leasing, men där man säljer bilarna vidare till t.ex. auktionsbolag, och där kunderna kan teckna leasingavtal på 12-24 månader.

För finansiell leasing (där företaget äger fordonet med) så tillåter vissa banker att fordon behålls upp till 10 år men oftast hamnar livslängden på 5–6 år. Av de intervjuade fordonsflotteägarna fanns hos alla ambitioner att öka andelen elfordon, och man var medveten om att elfordon har en teoretisk möjlighet att få en längre livslängd, men man hade för kort praktisk erfarenhet. I vissa fall fanns dyra erfarenheter av batterier som havererat med höga kostnader som följd. Generellt var bilden att längre fordonslivslängd kunde vara intressant ur ett företagsekonomiskt perspektiv, men utifrån förarattityder och nuvarande fordonsdesign såg man det som utmanande avseende risker med ökat slitage, stillestånd och hur förarna skulle acceptera att använda äldre bilar. Ur ett miljö/klimatperspektiv såg man även fördelar kopplat till företagets klimatmål.

De taxiförare som intervjuats hade erfarenhet av elbilar och körsträckor upp till 15 000 mil/år. En bil hade rullat 70 000 mil innan batteriet hade behövt bytas ut, men omfattades då av tillverkarens batterigaranti. När ägarna jämförde elbilar med bensin/diesel så såg de en enorm skillnad i servicekostnader och fel på motor och växellådor vid likande miltal, vilket ofta inneburit stora reparations och stilleståndskostnader för bensin/diesebilarna. Som exempel nämndes att bromsklossarna inte hade behövt bytas trots mer än 30 000 mils körning, då motorbromsning används. Detta kan sättas i relation kring diskussioner kring servicebehov²³ och faktiska servicekostnader för elbilar ifrån olika tillverkare²⁴. En eltaxi som rullat 30 000 mil på två år upplevdes av ägaren som i nära nyskick, med enbart mindre interiört slitage på säten och exteriöra småskador. Men där tillgången på laddinfrastruktur, laddtider och räckvidd begränsade deras möjlighet att köra eltaxi.

De såg det som intressant att fortsätta köra sina elbilar betydligt längre än bensin/diesebilarna, men där de höga inköpspriserna gjorde att bilarna blev lönsammare betydligt senare, efter 4 år jämfört med 3 år för traditionella bilar. Dock, baserades detta på elbilar som var ca dubbelt så dyra som traditionella och där lägre priser på sikt kommer bidra till en ökad lönsamhetspotential. I pilotintervjuerna med fyra privatpersoner med elbilar äldre än 5 år, hade merparten ingen plan för när de skulle göra sig av med sina bilar och de planerade för en kort räckvidd med marginal. Elbilen var i 3 av 4 fall andrabil som kördes under 4–5 mil per dag. Det fanns lite oro för hur länge batteriet skulle hålla, även om kostnaderna för batteribyte var kända, snarare var ägarna mer bekymrade för andra fel, med övrig elektronik, bromsar mm.

²³ <https://carup.se/fiskers-attack-service-for-elbilar-onodigt-gors-bara-for-pengar/>

²⁴ <https://carup.se/verkstader-maste-tank-a-om-service-till-elbilar-ar-onodigt/>

AP4

Resultat steg 1: Analys av nuläge

I studien ingick Volvo AB samt Polestar vilka båda är fordonstillverkare. Dock skiljer de båda företagen markant åt vad gäller ålder och hur organisationerna ser ut. Polestar Performance AB har en mindre och mer specialiserad organisation jämfört med Volvo AB. Som ett separat varumärke kan Polestar fokusera mer specifikt på utveckling av elbilar och prestandateknik. Volvo AB är en betydligt större organisation med flera affärsenheter och produktlinjer, inklusive lastbilar, bussar, anläggningsmaskiner och motorer. Volvo AB har en lång historia som stäcker sig nästan 100 år tillbaka medan Polestar Performance AB härstammar från Volvo Personvagnars prestandabolag och släppte sin första produkt 2017.

Analysen visar att en stor skillnad mellan de båda bolagen ur ett organisatoriskt perspektiv är att Polestar inte säljer genom ett återförsäljarnätverk utan största delen av affären och kundkontaktarna sker genom internet och web kanalen. Detta medför att förändringar är mycket lättare att införa jämfört med Volvo AB som har ett stort och väl etablerat återförsäljarnätverk på 190 marknader.

Anledningen till denna skillnad i förändringsbarhet är att webbförsäljningen ger en stark centraliserad organisation som består av ett mindre antal anställda. Detta kan då jämföras med Volvo ABs återförsäljarorganisation där varje marknad kan ha en importör som i sin tur säljer vidare fordonen till återförsäljarna, vilka i sin tur kan vara både egenägda (privata) och ägda av Volvo AB. Detta gör att antalet personer i den kommersiella organisationen är då betydligt många fler vilket gör att en förändring tar längre tid att kommunicera och införa.

Resultat steg 2 – Behov och gapanalys

I projektet studerades två affärsmodeller; en för Volvo AB och en för Polestar. Båda affärerna hade nya inslag som tidigare inte hanterats i organisationerna som tex periodiskbetalning, krav på ny kompetens eller nya produkttegenskaper, tex elektriskdrivlina.

Slutsatsen är att storleken och svårigheten med förändringsarbete i en etablerad fordonstillverkare står i proportion till:

- a) Hur många människor som omfattas av förändringen
- b) Hur många av de tre dimensionerna organisation, affär eller produkt som förändringen berör
- c) Graden av kontroll, dvs om förändringen görs inom den egna organisationen eller om den är beroende av en extern organisation som tex hos en kund, leverantör eller en partner.

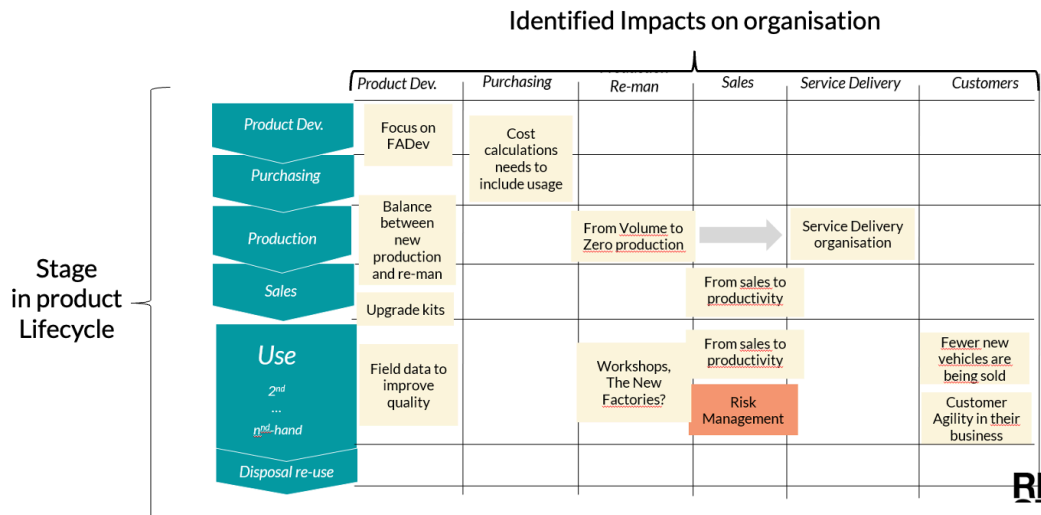
I Polestars fall så var det enkelt att införa en ny affärsmodell eftersom den kommersiella organisationen är förhållandevis liten och kontrollen över webkanalen är stor. Medan införandet av FADev kräver produktförändringar som omfattar den utvecklande organisationen är betydligt svårare då fler personer arbetar i denna del av företaget samtidigt som stora delar av utvecklingen sker i utanför den egna organisationen där den egna kontrollen är mindre.

För Volvo ABs del så var produkten med de nya egenskaperna redan utarbetad av R&D och inför lanseringen så valde företaget att paketera produkten i en nya affärsmodell. Detta innebar i sin tur att för den kommersiella organisationen så bestod förändringen av två delar: dels en affärsmässig förändring och dels en produktförändring som behövde hanteras inom ramen för den befintliga organisationen. För att hantera denna förändring och bygga kunskap kring den nya affären så valde Volvo AB att minska antalet inblandade personer och genomföra en pilot på tre marknader.

I de två studerade affärsmodellerna så omfattade ingen av dem Future Adaptive Design där produktarkitektur och affär hade utvecklats samtidigt. Däremot utgjorde de viktiga evolutionära steg mot FAD och cirkulära affärsmodeller. De två fallen visar tydligt hur dagens fordonstillverkare hantera det enormt komplexa förändringsarbetet. Genom att succesivt införa nya element i affären eller i produktarkitekturen så kan dessa innovationer testas av och systemet och successivt så utvecklas den grundläggande paradigmen och synen på mål och syften med verksamheten.

Just synen med centrala föreställningar som produktarkitektur eller hur affärsmodellen ser ut har stor påverkan på vilken typ av produkter och affärer som organisationen väljer att utveckla. I fallet Volvo AB så har de kontroll över den egna utvecklingen medan Polestars utvecklingsorganisation är beroende av en extern part. Polestar och Volvo Cars delar teknik och plattformar för att optimera resurser och kostnader. Båda företagen är engagerade i att elektrifiera sina fordonsflottor och samarbetar kring utveckling av elektriska drivlinor, batteriteknik och laddningsinfrastruktur för att dra nytta av varandras expertis och accelerera övergången till elektriska fordon. Men detta sätter också begränsningar på vilka förändringar som kan göras. Om tex Polestar väljer att satsa på en cirkulär affärsmodell där det är fullt logiskt att betala ett högre pris för tex en komponent för att förlänga livslängden så kan detta gå stick i stäv med den utvecklande partners målsättningar där komponenterna skall optimeras utifrån lägsta produktionskostnad.

Denna typ av målkonflikt mellan produkternas egenskaper och behoven i olika affärsmodeller var ett återkommande dilemma under gapanalysen.



Figur 17 Matris utvisande organisationens delaktighet i produktlivscykeln

Resultat steg 3 – Metodstöd för organisatorisk transformation

Sista delen av gapanalysen visade att förändring kopplat till FADev och cirkulära affärsmodeller handlar om förändringar utifrån av dimensionerna produkt, affär, och organisation. Tidigare erfarenheter inom Volvo och Polestar har visat att implementationen av ny teknologi och affärsmodell hänger samman med att den kommersiella delen av organisationens förmåga att leverera samt att kundernas acceptans. Slutsatser är att för att få acceptans för cirkulära affärsmodeller som bygger på förlängd produktlivslängd så krävs en samordning av affärsmodell, produktdesign i den nuvarande organisationen och värdekedjan. Följdfråga då blir hur den acceptansen kan skapas?

Inom ramen för detta projekt så utvecklades en mätmetod, CRL - Commercial Readiness Level (CRL) för att mäta mognadsgraden i en kommersiell organisation vid införande av en ny affärsmodell. CRL knyter an till Technology Readiness Level (TRL), som används för att bedöma den tekniska mognaden för en innovation. TRL mäter framsteg och mognad på en teknisk skala från 1 till 9, där 1 indikerar grundläggande forskning och 9 indikerar fullständig kommersiell implementering. CRL är i likhet med TRL en måttstock och syftar till att mäta den kommersiella mognadsnivån (och acceptansen) i marknadsorganisationen för att leverera en ny produktarkitektur som tex FADev eller en ny cirkulär affärsmodell. CRL innefattar bedömning av aspekter som marknadsanalys, mandat, kompetens, process, och marknadsföring. Genom att mäta CRL kan man skapa en förståelse för den kommersiella mognadsgraden i en specifik del av organisationen men genom två mätpunkter så kan man också mäta utvecklingen efter gjorda insatser. Sammanfattningsvis kan man säga att CRL kompletterar TRL genom att fokusera på den kommersiella mognaden och möjligheten att framgångsrikt implementera en teknologi eller innovation på marknaden.

Summering av resultat

Nedan summeras resultaten i relation till de övergripande forskningsfrågor kring fordonslivslängd som FAD-EV projektet har utgått ifrån i de fyra arbetspaketen.

Under vilka förutsättningar kan en förlängd användningstid, ekonomisk lönsamhet och miljö/klimatnyttor för fordonstillverkare förenas?

FAD-EV projektets vision om 1.6Milj km, är mycket långt ifrån nuvarande förväntade livslängden för en personbil (200.000 km/10år) som med en genomsnittlig körsträcka på 15.000 km tar 40-50 år på sig att komma upp i denna körsträcka. Men för taxibilar skulle det bara ta ca 10 år.

Då högvoltsbatterier både åldras utifrån antal laddcykler, värme/kyla, laddeffekter och kalendertid, är det ur ett affärsperspektiv för fordonsägaren centralt att identifiera kundapplikationer där många mil körs på färre antal år för att minska kostsamma batteribyten och riskera att mycket annat i bilen blir utdaterat av orsaker som fysiskt slitage, nya kommunikationsteknologier, säkerhetskrav eller kundpreferenser mm.

Ur ett klimat/miljöperspektiv finns det en mycket stor "teoretisk" potential för minskad klimatpåverkan (>80%) genom att sprida ut klimatpåverkan över en längre körsträcka. Förutsatt att funktionen på högvoltsbatterier kan hålla under den ökade livslängden. I fall där batterier byts ut finns ändå en klimatbesparingspotential.

Hur kan affärsmodell och produktdesign samutvecklas utifrån förlängd livslängd och hög nyttjandegrad och för eldrivna fordon?

En grundförutsättning för att kunna räkna på en affär ifrån förlängd produkt användningstid är att försöka kartlägga och ta fram scenarier för vilka livscykelkostnader som uppstår kopplat till produkten utifrån olika användningsfall. Dessa kostnader kan kopplas till händelser och förändringar som uppstår ifrån fordonet börjar användas utifrån det man som tillverkare eller ägare vet kommer hända, vad som kan hända och vad som kan vara rena överraskningar. Det man vet kommer hända med en produkt går att härleda ifrån kvalitetstester och sådant som kan hända kan man härleda från reklamationer och observationer. Rena överraskningar som olyckor eller oförutsedda haverier går inte i detalj att planera för, men kan identifieras genom scenarioplanering. Genom att utgå ifrån en befintlig produkt för analys och tester mot kunder kan lärandet kring de affärsmässiga möjligheterna och riskerna gå snabbt. I gynnsamma fall kan en befintlig produkt då visa sig fungera som startpunkt i en CBM, där förbättringar av produkten kan ske stegvis allteftersom lönsamhetspotentialen blir tydligare. I ogynnsamma fall kan det visa sig att en befintlig produkt kommer innebära för stora risker i en CBM och kräver stora förändringar i produktarkitekturen.

Hur kan en produktarkitektur för eldrivna fordon utformas för att bevara sitt värde över tid, genom adaptivitet, utifrån nuvarande och planerade regelverk?

För att en produktarkitektur skall kunna ge en potential för ökat värdebevarande behöver den klara av fysiskt slitage, gå att använda i flera tillämpningar och vara möjlig att uppgradera med nya teknik, funktionalitet, estetik mm. I teorin låter detta enkelt men utmaningarna ligger i att hitta rätt gräns mellan dessa olika parametrar, i förhållande till investeringskostnader och de totala livscykelkostnaderna. En utgångspunkt i FAD ramverket är att investeringsbehov och förväntade intäkter kan ses som ett optionsvärde, där ökade kostnader i designfasen genom tex. modulär design eller mer tåliga material kan räknas hem genom mindre underhållskostnader, stillestånd, bibehållen betalningsvilja från kunderna mm. Avseende regelverk så kommer mer förändringsbara fordon vara mer utmanande inom EUs nuvarande lagstiftning, jämfört med USA, och BRIC länderna. Inom EU kommer förändrade fordonsvikter och funktionalitet, tex genom uppgraderingar av batterier kräva typbesiktningar av fordon. Detta innebär inte att det blir omöjligt att förändra ett existerande fordon, bara att det innebär en kostnad. För tillverkare kan självcertifiering vara en väg för att uppgradera större volymer av fordon.

Hur ser kund- och brukar-attityder ut kring framtidsadaptiva produkter inom personbils B2C-segmentet resp. inom B2B-segmentet? Dvs vad är det för ekonomiska, funktionella, tekniska, estetiska och sociala kriterier som behöver uppfyllas för att få betalningsvilja och brukaracceptans?

För personbilar är kontinuerliga årsmodellsförändringar sedan länge ett väletablerat sätt att skapa efterfrågan. För elfordonssegmentet som är under snabb utveckling är förlängd räckvidd en stor drivkraft för att byta till nyare modeller. Vid en viss räckvidd kan man förvänta sig att detta kommer plana ut, men styrs till stor del kring tillgången till laddinfrastruktur, och användarnas körmönster och vanor. Utifrån de intervjuer med privatpersoner som genomförts finns det både farhågor kring hur länge man i praktiken kommer kunna behålla sitt fordonberoende på okända fel som kan uppstå. Framförallt i dyra komponenter som batteriet. Men, även fordonsägare som medvetet köpt äldre elbilar. Eller nya med avsikten att använda så länge som de är tekniskt möjligt. Frågor kring nya säkerhetsfunktioner är viktiga för många fordonsköpare, men då utvecklingen idag till stor del handlar om nya aktiva säkerhetsfunktioner, snarare än om fysisk säkerhet så blir uppgraderingsbarhet viktigt.

Ifrån ett kommersiellt fordonsköparperspektiv behövs framförallt förändringar i logiken att köpa in och byta fordon som för ICE fordon till stor del styrs av förändrade avgaskkrav, slitage/krav på "uptime" och etablerade villkor för leasing. För elfordon försvinner behovet att fasa ut smutsigare fordon och det öppnar för längre bibehållet ägande, men det höga inköpspriser, förväntade restvärden och brist på erfarenheter kring praktiskt användning av elfordon barriärer för längre livslängd. Här har affärserbjudanden kring produkt som tjänst en stor potential att minska barriärerna genom omfördelning av de ekonomiska riskerna kring fordonsägandet, där fordonstillverkarna sitter på mer detaljerad kunskap om dessa risker än sina kunder

Vad behöver förändras i väletablerade fordons OEMs utvecklingsorganisationer för att nå önskade cirkulära affärs- och produktspecifikationer, och vad behöver "cirkulära" förändringsagenter i organisationerna för att påskynda ett cirkulärt skifte?

Projektresultaten pekar på att det för både tillverkare av tunga fordon och personbilar framförallt krävs logikförändringar i tidiga affärs- och produktutvecklingsfaser för att kunna få genomslag för cirkulära affärsmodeller som bygger på mer långlivade och förändringsbara produkter.

Framförallt handlar det om hur affärslogiken påverkar designlogiken kring att sätta specifikationer och målpris för framtagning av fordons arkitektur och komponenter. Här behöver dokument som styr produktplanering i större uträkning ta hänsyn till de totala livscykelkostnaderna och inte bara styra mot ett tänkt mål med ett försäljningspris. Tex. med krav på längre livslängd och förenklad utbytbarhet och uppgraderingsbarhet.

För tunga fordon bedöms förlängd livslängd vara mindre utmanande än för personbilar då det kan innebära kundnyttor för åkerier genom lägre livscykelkostnad och fordonsproduktivitet. En central fråga är hur avskrivningsregler påverkar

Utgångspunkten i arbete har att starta med existerande produkter för kartläggningar och analyser mm. för att skapa en låg tröskel för att utifrån projektarbetet kunna gå vidare med egna tester och marknadsexperiment, och det är i dagsläget fullt möjligt att med produktförändringar på kort sikt minska vissa risker för ökat slitage med produkter som i många fall finns som tillval. Men för att åstadkomma större förändringar krävs omfattande förändringar i produktarkitekturer, framförallt för de mest centrala drivlinekomponenterna i personbilar. Till exempel kostnaderna för att demontera och reparera högvoltbatterier.

Sammanfattningsvis konstaterar vi att det i båda deltagande företagen finns ett stort engagemang kring de cirkulära frågorna, i olika grad ambitiösa mål kring minskad klimatpåverkan från produkterna när de lämnar fabriken. De stora utmaningarna är att snabbt kunna ta fram cirkulära erbjudanden och testa dessa mot kunder och omsätta lärdomar kring produktanpassningar till förändrade kravspecifikationer och interna KPIer som styr mot dessa krav.

Diskussion

Ur ett klimat- och energisammanhang för den svenska fordonsflottan pekar resultaten på en mycket stor potential för minskad klimatpåverkan och de mängder av material som krävs för fordonsproduktion genom de scenarier för ett FAD fordon som körs 4-8 ggr längre idag och där 1 FAD fordon kan ersätta 3 eller upp till 7 traditionella. Dessa antaganden bygger på att ett färre antal fordon som körs längre sträckor kan utföra samma transportarbete, genom effektivare nyttjande och med låga utsläpp under användningen. Dessa antagande bygger dock på att ett FAD fordon kan uppfylla kunder och användares transportbehov

och övriga behov samt förväntningar och på så sätt minska konsumtionen av fler produkter. Detta är dock antaganden som för andra produktgrupper är svåra att påvisa. Tex bara för att man har ett visst antal plagg i sin garderob innebär det inte att man inte köper nya. Eller att nya behov kan innebära att man köper en andra bil. Eller att ökade transporter innebär fler transportbilar köps in till åkeriet. Ökad nyttjandegrad, och fyllnadsgrad blir här centrala komponenter för att få ut så många gröna person- och ton-km som möjligt.

Men även om fler elfordon är på väg ut i den svenska fordonsflottan är utbytestakten låg och för Sverige som har den äldsta flottan i EU är den långa livslängden ett problem för ICE fordon. Här kan konvertering av existerande fordon vara en väg för att snabbare kunna påverka omställningen av flottan och här börjar en värdekedja växa fram i Sverige med både väletablerade och nystartade aktörer, där kommersiella aktörer som leveransföretag visar vägen tex Rearq, www.rearq.se

Utifrån genomförda aktiviteter tillsammans med företagen ser vi en rad utmaningar

Organisationsmässiga hinder

Att radikalt förändra en befintlig affärsmodell kommer att placera ett etablerat företag i samma situation som en start-up, med samma dilemman kring osäkerheter och avsaknad av betalande kunder och samarbetspartner. För att tackla sådana utmaningar krävs kompetensutveckling, en tydlig vision att ta sikte mot, och att arbeta målinriktat i en hög takt vid utforskande av cirkulära affärsmöjligheter och framtagning av affärsmodeller och testning mot potentiella kunder. Särskilt att bygga interna förmågor för CBMI i ett väletablerat företag är avgörande för att kunna undvika konflikter med de etablerade affärsmodellerna, som annars kommer att uppstå. Här är det nödvändigt att få engagemang från högsta ledningen, och ju fler olika BM-förändringar en FAD-intervention kommer att resultera i, desto mer måste TM vara i förarsätet för en CBM/FAD-intervention.

Under projektperioden har förankringen hos ledningarna i företagen förändrats och pandemin påverkade organisationerna avseende vilken personer och kompetenser som kunde medverka.

Produktdesign och produktion

Dagens fordonsutveckling utgår vanligtvis i tidiga faser ifrån övergripande måldokument som specificerar vilka funktioner och attribut som man vill fokusera på, ofta i relation till konkurrenternas produkter och ett målpris vad man tror marknaden vill betala. Allteftersom utvecklingen fortskrider förfinas specifikationerna med målpriset i fokus, och där olika budgeteringar sker för delkomponenter och kravspecifikationer med målpris skickas ut till olika underleverantörer. Ofta sker förhandlingar kring målpris både internt mellan utvecklingsorganisationen, affärsutveckling och inköp och med externa komponentleverantörer, med målsättningen att komponentkostnaderna skall

minska för komponenterna genom stora volymer eller andra kostnadseffektiviseringar. I dagens linjära affärslogik blir det då utmanande med åtgärder som kan innebära ett högre komponentpris och ett högre totalpris och där det är oklart hur intäkterna kan öka.

Beroende på komplexiteten i en produkt som övervägs för en FAD-intervention kommer tiden för analys att variera kraftigt. Till exempel, att analysera en interiörprodukt med några få komponenter, jämfört med en personbil med 10 000 komponenter, kommer att kräva olika kompetenser, data och tid. För mer komplexa produkter är rådet att först göra en uppdelning i komponenter som representerar den högsta miljöbelastningen och kostnaderna (se B och E) och börja utforska dessa. Om möjligt, försök att samordna FAD-interventioner med planerade grindar för produkt-redesign och nya plattformsutvecklingar i din organisation. En del råd är också att inkludera underleverantörer i dialoger om hur man kan göra komponenter mer hållbara, modulära och uppgraderingsbara. I många fall styr underleverantörer av kritiska elektroniska komponenter och mjukvaror produktlivslängden genom att sluta producera tex. centrala hårdvarukomponenter, eller att en ny mjukvaruppgradering inte längre är kompatibel med en befintlig hårdvara. Idag kräver fordonsproducenterna att reservdelar skall vara tillgängliga i minst 10 år från slutet av att en fordonsmodell slutar produceras.

Dock påverkas högvoltbatteriets åldring även av antalet laddcykler, laddtyp, och åldring i tid där kapaciteten (beroende på batterikemi) förväntas minska efter ca 15 års användningstid.

Livslängden av högvoltbatteriet, som utgör den största kostnadsposten med ca 2/3 av fordonskostnaden är avgörande för att bevara ett elfordon längre där även livslängden för andra komponenter i drivlinan påverkar som drivmotorer och kraftelektronik mm. I en allt snabbare teknikutvecklingstakt av hård/mjukvara påverkar även tredjeparts leverantörer av elektronik, och operativsystem som Google och Apple fordonsföretagen fordonslivslängden genom möjliga uppgraderingar. Utvecklingen av högre batterikapacitet och laddtider går fort, men även den förväntade livslängden där körsträckor på 1,5 Mkm nu anses möjliga, vilket inte gör FAD-EV projektets vision speciellt utmanande.

Mot detta står trender kring karossintegrerade batterier som framförallt drivs utifrån vikt och kostnadseffektivare produktionsskäl vilket kommer försvåra eller omöjliggöra lönsam reparation eller renovering av felaktiga, eller delvis skadade batteripaket.

Sammanfattningsvis ser vi att FAD tillsammans med cirkulära affärsmodeller har en stor potential att leda till mindre klimatavtryck från transportsektorn. Våra siffror som tagits fram visar att en förlängd körsträcka för elfordon har en teoretisk potential att reducera klimatpåverkan per Km med över 80% för en batterielektrisk personbil (BEV) och drygt 50% för en tung BEV lastbil.

En viktig leverabel från projektet är den guide som tagits fram vars syfte är att uppmuntra såväl etablerade aktörer som nystartade att anta utmaningen att tänka mer FAD i kombination med cirkulära affärsmodeller.

Vi tror att en anpassad produktarkitektur med målet att åstadkomma ett lönsamt värdebevarande, både finansiellt och miljö/klimatmässigt är den rätta vägen för inte bara fordonsindustrin utan även andra branscher.

Publikationslista

Future Adaptive Design – How to create longer-lasting products for circular offerings (2023). RISE Research Institutes of Sweden. Pre-edition.

En guideline som sammanfattar de metoder och verktyg som använts och vidareutvecklats under FAD-EV projektet. Guiden riktar sig till förändringsagenter i industrin med syfte att inspirera och få fler företag och organisationer att börja utforska hur mer långlivade produkter kan utvecklas för att passa in i cirkulära affärsmodeller. Guiden har publicerats i en första pre-edition som distribuerats till deltagande parter våren 2023. En uppdaterad guide kommer att lanseras och göras publikt tillgänglig för alla under hösten 2023 via RISE webbplats <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/expertiser/framtidsadaptiv-design-for-en-cirkular-e>.

Managing Circular Business Model Uncertainties with Future Adaptive Design *Sustainability* 2021, 13(18), 10361; <https://doi.org/10.3390/su131810361>

Journalartikeln summerar tidigare forskning inom adaptiv design och presenterar ett ramverk som stöttar arbetet att ta fram cirkulära affärsmodeller och anpassningsbara produkter.

Designing products that can adapt to changes over time is crucial for managing product-related business risks in circular business models. However, there is limited circular economy research on how product adaptivity can contribute to more circular products and business models, especially in the early phases of business development and design. To address this research gap, this conceptual paper builds on the adaptable design concept and incorporates ideas from research on circular business models and circular design literature. It proposes a framework we collectively term “Future Adaptive Design” to help manage product-related business risks in circular business models and investigates related design strategies for product-based companies aiming to adopt circular business models.

Så kan elbilen bli en klimatvinnare – på riktigt, debattartikel *Dagens Industri*, 20211201,

Peter Alguren, Derek Diener, Thomas Nyström & Johan Östling
<https://www.di.se/nyheter/sa-kan-elbilen-bli-en-klimatvinnare-pa-riktigt/>

Sverige har en av Europas äldsta fossila fordonsflottor. Tänk om vi framöver också kan få världens äldsta elbilsflotta? Det skulle minska miljö- och klimatpåverkan radikal, och driva på mot en cirkulär ekonomi, skriver fyra forskare och experter från det statliga forskningsinstitutet RISE i en debattartikel.

Referenser, källor

Nyström, T.; Whalen, K.A.; Diener, D.; den Hollander, M.; Boyer, R.H.W. Managing Circular Business Model Uncertainties with Future Adaptive Design. *Sustainability* **2021**, *13*, 10361. <https://doi.org/10.3390/su131810361>

Så kan elbilen bli en klimatvinnare – på riktigt, debattartikel Dagens Industri ,20211201, Peter Alguren, Derek Diener, Thomas Nyström & Johan Östling

<https://www.di.se/nyheter/sa-kan-elbilen-bli-en-klimatvinnare-pa-riktigt>

Future Adaptive Design – How to create longer-lasting products for circular offerings (2023). RISE Research Institutes of Sweden. Edition 1.0. Tillgänglig via: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/expertiser/framtidsadaptiv-design-for-en-cirkular-e>

Wells, P. & Nieuwenhuis, P., 2006. Business Models for Relocalisation to Deliver Sustainability. *Greener Management International*, (47), pp.89–99.

Wells, P. & Nieuwenhuis, P., 2012. Transition failure: Understanding continuity in the automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(9), pp.1681–1692.

Williams, A, 2006 , Product-service systems in the automotive industry: the case of micro-factory retailing, *Journal of Cleaner Production*, Volume 14, Issue 2, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.09.003>.

Bilagor

- Administrativ bilaga, Ekonomisk slutredovisning FADEV maj 2023
- Administrativ bilaga, Registreringsbevis RISE
- Future Adaptive Design – How to create longer-lasting products for circular offerings (2023). RISE Research Institutes of Sweden. Edition 1.0. Tillgänglig under hösten 2023 via: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/expertiser/framtidsadaptiv-design-for-en-cirkular-e>