

# Strategisk färdplan

INOM SATSNINGEN FORDONSSTRATEGISK FORSKNING OCH INNOVATION (FFI)

## Elektronik, mjukvara och kommunikation

2015-10-28



**FFI**

Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

SCANOVA

SCANIA

VOLVO

SCANIA VOLVO

# Innehållsförteckning

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Syfte och mål .....</b>                                           | <b>3</b>  |
| <b>2 Bakgrund.....</b>                                                 | <b>4</b>  |
| <b>3 Elektronik &amp; mjukvara inom fordonsindustrin .....</b>         | <b>5</b>  |
| 3.1 Betraktelsesätt .....                                              | 5         |
| 3.2 Makroperspektivet – transformering av fordonsindustrin.....        | 5         |
| 3.3 Systemperspektivet – teknik och processer, metoder & verktyg ..... | 8         |
| <b>4 Framtida teknisk utveckling .....</b>                             | <b>10</b> |
| 4.1 Architecture – On-board .....                                      | 12        |
| 4.2 Electric Architecture – Off-board.....                             | 12        |
| 4.3 Technology for ” Green, Safe & Connected functions” .....          | 13        |
| 4.4 User Experience (UX) / HMI .....                                   | 13        |
| 4.5 Verification/Validation .....                                      | 14        |
| <b>5 Slutord.....</b>                                                  | <b>14</b> |
| <b>6 Appendix: Färdplan inom FFI-Fordonsutveckling</b>                 |           |
| – Elektronik & Mjukvara på del-system-nivå .....                       | <b>15</b> |

# 1 Syfte och mål

Denna strategiska färdplan beskriver på ett övergripande sätt FFI-programmets koppling till området Elektronik, Mjukvara och Kommunikation. Dokumentet innehåller utmaningar, forsknings- och utvecklingsbehov samt förväntade resultat.

Syftet är att identifiera forsknings- och innovationsaktiviteter som möjliggör utveckling av säkra och miljövänliga fordon och därigenom stärka svensk fordonsindustris konkurrenskraft. Dessutom ska färdplanen vara ett instrument för uppföljning och utvärdering samt öka förståelsen för FFI-programmet genom att illustrera sambandet mellan finansierade aktiviteter och förväntade effekter. Dokumentet täcker tidsperioden upp till 2030 och konkretiserar vad som behöver göras för att möjliggöra att nå FFI-programmets övergripande mål, dvs. de mål som finns beskrivna i:

- FFI "Övergripande Färdplan"
- Färdplan "FFI Trafiksäkerhet och automatiserade fordon"
- Färdplan "FFI Energi och Miljö"
- Färdplan "FFI Effektiva och uppkopplade transport system"

Underlaget i dokumentet bygger på en sammanställning av benchmarking, standardiserings-verksamheter och tillämpade konferenser. Underlaget har också remissats till doktorand- & tekniska specialistnätverk, myndighetspersoner, samt näringslivschefer på mellannivå (totalt ett 60-tal personer). Av detta skäl finns inga formella referenser. Självfallet är data i görligaste mån baserade på spårbar fakta, t ex underlaget till Figur 1 återfinns i publik lagstiftning i Kalifornien, underlaget i Figur 3 reflekterar verksamheten hos en av de svenska fordonstillverkarna, samt underlaget i Figur 5 speglar förhållandena hos de svenska fordonstillverkarna.

Dokumentet beskriver teknologier som möjliggör funktioner för programråden för "Energi och Miljö", "FFI Trafiksäkerhet och automatiserade fordon" samt "FFI Effektiva och uppkopplade transport system". Självfallet går verksamheterna något om lott. T ex om man avser att enbart studera en Aktiv Säkerhetsfunktion så görs detta inom ramen för programrådet "Fordons- och Trafiksäkerhet". Huvudfokus är då hur funktionen fungerar i en trafikmiljö och del av den tekniska lösningen för denna funktion. Som komplement till detta behövs Fordonsutvecklings fokus mot de teknologier som möjliggör introduktionen av funktionen i en produkt, både vad avser arkitekturerna som skall hårbärgera funktionen och bastekniken för att kunna samutnyttja tekniska lösningen för att realisera angränsande funktioner. Denna symbios är central för ett effektivt Innovationssystem med korta ledtider.

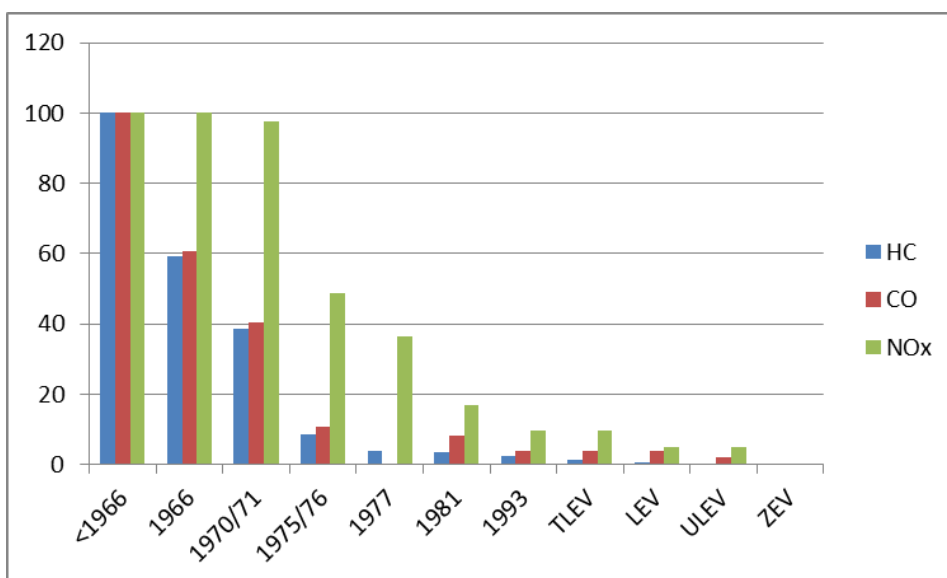
Detta innebär även att denna färdplan beskriver teknologier och kunskapsuppbyggnad som är en förutsättning för områden såsom "Electromobility", "Autonoma Fordon" och "Uppkopplade Fordon". Eller mer allmänt, för "Green, Safe & Connected" funktionalitet.

Leverantörstrukturens kompetens spelar viktig roll för att kunna fullfölja innehållet i samtliga färdplaner. Det som är utmärkande för denna färdplan är att ett av dess viktigaste mål är att bereda vägen för en ny mjukvarubaserad leverantörstruktur.

## 2 Bakgrund

Elektronik, Mjukvara och Kommunikation (EMK) är avgörande för utveckling av ett miljövänligt och säkert trafiksystem, samtidigt som konkurrenskraften för svensk fordonsindustri stärks. En återblick ger en indikation om den framtida potentialen.

**Miljö:** Sedan Clean Air Act lanserades i USA 1970 har de reglerade emissionerna av NO<sub>x</sub>, HC och CO utvecklats enligt Figur 1. Lejonparten av denna minskning kan tillgodoräknas EMK i form av insprutningssystem, tändsystem, etc.



Figur 1: Reglerade "tailpipe"-emissioner HC, CO & NO<sub>x</sub> i Kalifornien (referens 100 % före 1966)

Kalifornien har även varit föregångare när det gäller nollemissionsfordon där även minskad bränsleförbrukning ingår, dvs. reduktion av CO<sub>2</sub>. Som en effekt av deras ZEV-mandat (Zero Emission Vehicle-mandat) introduceras globalt under detta decennium fordon med varierande elektrifieringsgrad. Som exempel kan nämnas Volvo Cars Plug-In Hybrid där vissa förare förmår köra ända upp till 500 mil på en tank; dvs ca 0,1 liter/mil i bränsleförbrukning. Denna typ av fordon "electrifies many miles in real world traffic".

**Säkerhet:** De första stora stegen mot sammankoppling av säkerhet med EMK är exempelvis introduktionen av airbags för passiv säkerhet samt låsningsfria bromsar för aktiv säkerhet. Idag finns det så många aktiva säkerhetsfunktioner i produktion att det är svårt att namnge dem alla även för en specialist. Det intressanta i närtid är att karaktären hos de EMK-baserade aktiva säkerhetssystemen är att de om rätt systemupplägg föreligger är enkla att eftermontera. Detta blir särskilt viktigt när fordonen betraktas som uppkopplade och därmed enkelt nåbara via etern. Ur ett tekniskt perspektiv är det med hjälp av EMK fullt möjligt att eliminera antalet döda i trafiken inom 10 år.

**Konkurrenskraftig svensk fordonsindustri:** EMK stärker svensk fordonsindustris kärnvärden "Säkra och Miljövänliga Fordon". Ett moment i denna utveckling är uppkopplade fordon. En annan effekt av uppkopplade fordon är att ett antal nya områden dyker upp som kraftigt kommer att stärka svensk fordonsindustris konkurrenskraft. Fordonsindustrin är på väg att nyttja information i och kring fordonen för datahandel, nya kundfunktioner och förbättrad effektivitet. Exempel på datahandel är att själva fordonen kan användas som mätprober för trafikinfrastrukturen, t ex var det är halt, var det finns tjälskott, vilken rastplats som är skräpig etc. Exempel på nya kundfunktioner är att kunna upptäcka faror och varna andra trafikanter. Exempel på förbättrad effektivitet är framförallt att man enkelt kan förstå hur fordonen används i verklig trafikmiljö vilket torde vara avgörande för t ex förebyggande säkerhet.

EMK är med andra ord avgörande för "Gröna, säkra och uppkopplade" fordon.

## 3 Elektronik & mjukvara inom fordonsindustrin

### 3.1 Betraktelsesätt

I ett makroperspektiv är fordonsindustrin på väg att utveckla produkter som är top-down optimerade på likvärdiga grunder ur ett mekaniskt, elektriskt och mjukvarumässigt perspektiv. På sätt och vis har fordonsindustrin tagit de första stegen mot att på bred front kombinera traditionell mekanik och elektronik med avancerad reglerteknik, inbyggda datorsystem och ICT (Information & Communication Technologies).

EMK har egenskapen att den inte skall synas, höras eller låta. Likväl är den helt avgörande för säkra och miljövänliga transporter och för svensk fordonsindustris konkurrenskraft.

EMK består av en teknikplattform som nyttjas av flera intressenter. T ex är elförsörjning, operativsystemen, etc. resurser i teknikplattformen som uppenbarligen nyttjas av många intressenter. Andra exempel är att sensorinformation som primärt används för en funktion även nyttjas av andra intressenter. Som exempel kan nämnas navigationsinformation i uppkopplade fordon som även nyttjas för energieffektivare och säkrare körning.

I detta dokument beskrivs händelseförloppet ur dels ett makroperspektiv samt dels något mer detaljerat ur ett systemperspektiv.

### 3.2 Makroperspektivet – transformering av fordonsindustrin

Fordonsindustrin är stadd i kraftig förändring. Enkelt uttryckt kan sägas att effekterna av halvledarindustrin sköljer över fordonsindustrin. När denna våg av förändring passerat har vi ett transportsystem:

- Där inga omkommer eller allvarligt skadas.
- Med detaljkontrollerad och minimerad miljöbelastning från framdrivningsanordningarna.
- Med effektivt samverkande och brukande av olika fordonsslag.

Vi har även skapat:

- En affärsmodell, där en stor del av fordonsindustrins intäkter kommer från brukande av fordonet under dess livslängd.
- En ny mjukvarubaserad leverantörstruktur.

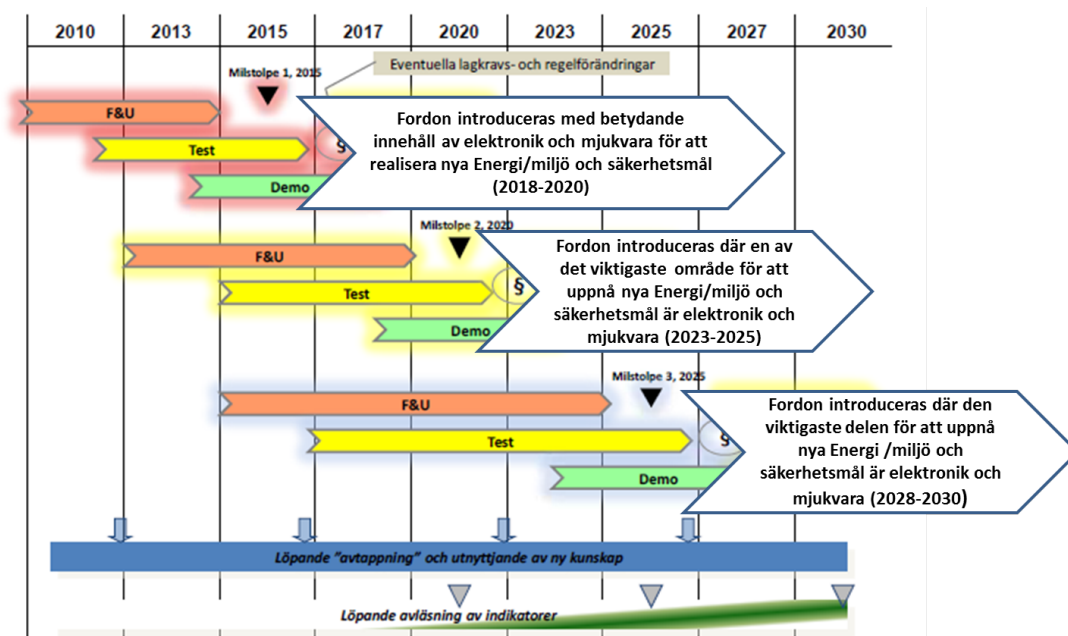
För att förstå hur fort vågen sköljer över fordonsindustrin kan man betrakta ett framtida scenario:

- Förändringarna sker på väldigt avgränsade områden. I basen ligger en gigantisk investering i produktionsstruktur som berörs marginellt och som är avskräckande för nyetableringar.
- Förändringen i basteknologier sker i små steg till en mycket hög kostnad. De fundamentala systemlösningarna har dessutom existerat under lång tid och de har sinsemellan tydliga gränssnitt till varandra och till den uppgift som skall utföras.
- På grund av dessa rigida systemlösningar sker större förändringar mycket långsamt. Som en tumregel kan sägas att större förändringar följer följande cykel: forskning och förberedande utveckling under 7 år; produktutveckling av första generationens produkter under 7 år; lågvolymproduktion för att bygga upp kompetens i hela värdekedjan under 7 år; samt start av högvolymproduktion. Efter ytterligare ca 15 år har samtliga produkter i denna produktserie bytts ut på marknaden. En signifikant förändring tar alltså knappt 40 år till full marknadspenetration.
- Basteknologierna kan i stort sett aldrig eftermonteras.
- Å andra sidan realiserar nya funktioner alltmer via applikationsmjukvara. I ett välorganiserat systemupplägg kan applikationsmjukvaror enkelt ändras via etern. Med hjälp av uppkopplade fordon och "Continuous Deployment" kan alltså funktioner förändras mer eller mindre momentant. T ex kan en mjukvarubaserad Aktiv Säkerhetsfunktion "eftermonteras" på hela fordonspopulationen momentant. Som ett exempel kan nämnas att Tesla inför funktionalitet för autonom körning via en mjukvaruupdatering över etern.
- Två "klock-frekvenser" möts; knappt 40 år vs. momentant.

- Utgången är självklart given. När den nya systemstrukturen för t ex Plug-In-Hybrider är för handen kommer varje komponent var för sig att kontinuerligt rationaliseras inom sina gränssnitt (t ex batterierna blir mindre och mer effektiva; förbränningsmotorns uppgift reduceras till att vid behov producera elenergi som "Auxiliary Power Unit"). I den momentana förändringsvärlden kommer fordonsindustrin att anstränga sig till det yttersta för att med bas i gjorda investeringar kombinera befintlig information för att skapa nya inkomstmöjligheter.
- Som en följd av ovanstående kanske den viktigaste trenden av alla inom fordonsindustrin är så kallad "Decoupled Engineering". I princip innebär detta att fordonsföretaget har tre parallella produktutvecklingsprocesser; en där fordon utvecklas; en där separata delsystem utvecklas; samt en där mjukvarubaserade funktioner utvecklas.
- Lägg därtill frågeställningen med ett välorganiserat systemupplägg där applikationsmjukvaror enkelt kan eftermonteras.
- Det är klarlagt att denna möjlighet delvis redan kommer finnas inom de närmsta åren. En inte alltför vågad bedömning är att möjligheten införs på bred front under 2020-talet.
- Inom denna tidsrymd har fordonsindustrin dessutom på bred front byggt upp kompetens kring elektrisk framdrivning i hela värdekedjan. Ur ett hårdvaruperspektiv är sannolikt 2010-talets Plug-In-Hybrider det mest komplexa fordon som utvecklats inom överskådlig framtid. Fokus därefter blir alltså förenklingar inom systemets givna ramar.
- Under 2020-talet har således halvledarindustrin sköljt över fordonsindustrin och ett nytt landskap är kännetecknat av att ingen omkommer i trafiken; miljöbelastningen från fordonens framdrivningsanordningar är minimal; samt att de som bejakat förändringen har säkerställt stabila inkomster från brukandet av fordonen.

Av ovanstående scenario framgår att systemperspektivet är avgörande. I nästa kapitel återkommer vi mer i detalj till utvecklingen av de viktigaste delarna.

I Figur 2 illustreras beskrivna scenarios grafiskt.



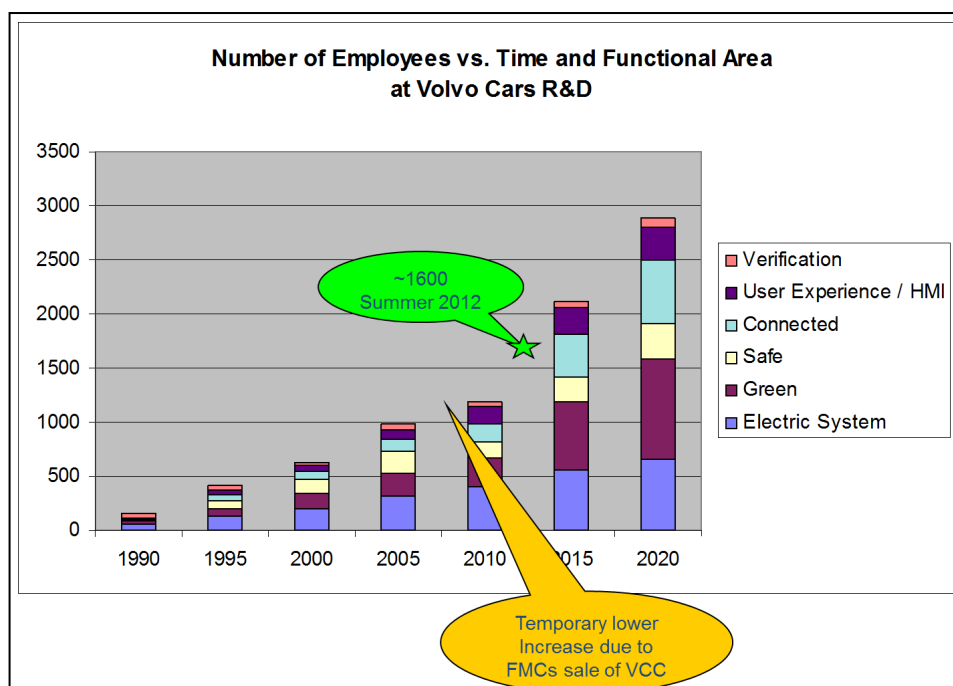
Figur 2: Principskiss – Transformerings av Fordonsindustrin.

En annan viktig drivkraft för ovanstående som inte får glömmas är att Sveriges sannolikt viktigaste bidrag till ett globalt transportssystem är vår gedigna kunskap om - och förkärlek till - trygghetssystem och miljöomsorg. Det är väldigt värdefullt att fordonsföretagen i stort sett på samtliga marknader i visad handling levererar de säkraste fordonen och fordon i paritet med världsledarna när det gäller bränsleförbrukning. Vi visar vägen. Vi har en tradition att försvara. Den grundlades i och med Nils Bohlin's trepunktsbälte (N Bohlin är med i ett antal "Hall of Fame" globalt tack vare att hans arbete räddat så många människoliv). Vi har de båda grundförutsättningarna att vidmakthålla denna position; vi är världsledande inom säkerhet och vi är i paritet med världsledarna när det gäller EMK. Vår visade handling när det gäller bränsleförbrukning är också signifikant. Varje ny fordonsmodell som lanseras skall ligga i paritet med världsledarna när det gäller bränsleförbrukning. Vi har levererat elhybridfordon som sätter scenen. I förändringen som pågår gäller nu att täppa till området mellan konventionella framdrivningsanordningar och Plug-In-ybriderna; allt i syfte att minska bränsleförbrukningen totalt. Om batteritekniken utvecklas lika mycket de närmsta 20 åren som den gjort de senaste 20 åren så har vi också det mycket enklare elbilsscenariot för handen. Grundförutsättningen för att lyckas är öppenhet för att hitta säkra lågemissionsfordon. Detta har vi redan visat globalt.

Viktigt för svensk fordonsindustris globala konkurrenskraft är också förmåga att anpassa produkter och lösningar till marknader i utvecklingsländer där kostnadskraven är hårda och behoven annorlunda jämfört med mer teknismogna marknader. Ambitionen för dessa marknader är självfallet att även dessa produkter skall ha låg miljöbelastning och hög säkerhet.

Ytterligare en drivkraft är att hitta nya inkomstströmmar i en mogen industri med mycket låga marginaler. Alla är medvetna om att allt fler kundfunktioner realiserar med hjälp av mjukvara. Detta parat med "uppkopplade fordon" möjliggör helt nya inkomstströmmar. En effekt av detta är att fordonstillverkarna startar omfattande interna verksamheter för att få direkta inkomster från handel med data, indirekta inkomster från förbättrade kundfunktioner, samt indirekta inkomster p.g.a. ökad effektivisering i de interna processerna (i hela värdekedjan). Dessutom möjliggörs att en helt ny leverantörstruktur kan växa upp i form av företag som med en relativt ringa investering kan bli produktleverantörer. Båda händelseförloppen är redan tydliga.

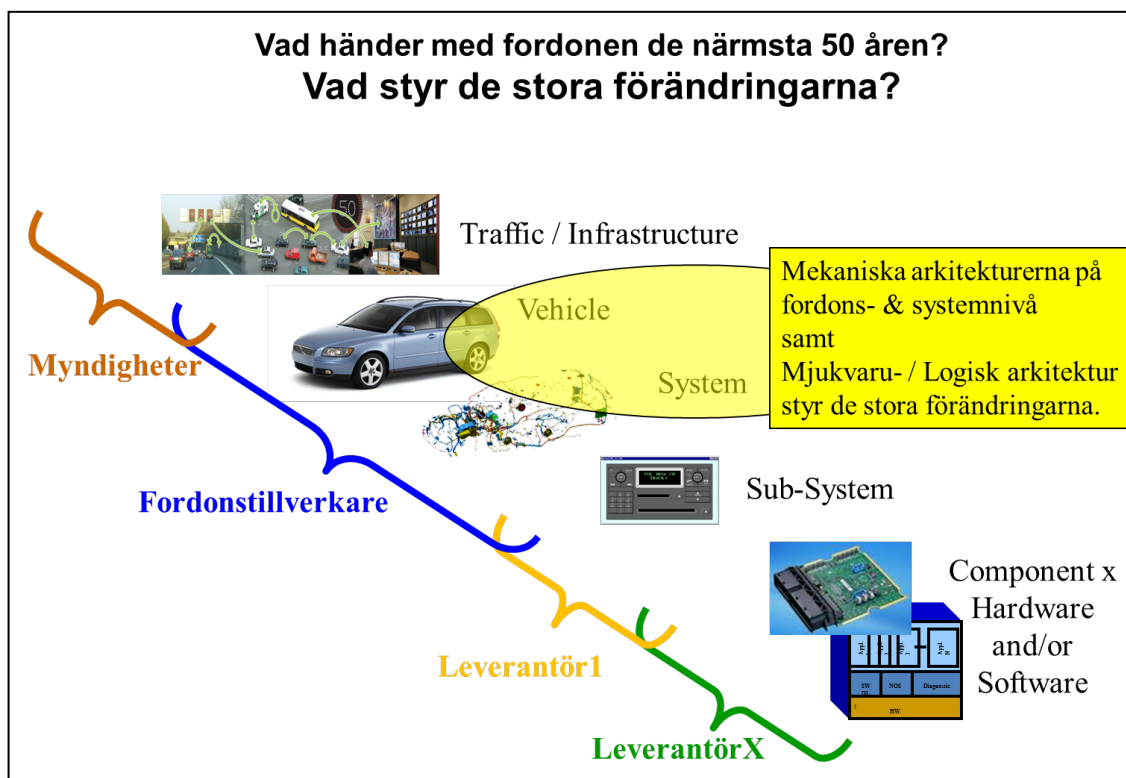
Figur 3 belyser indirekt den förändring som pågår. Upp till 2012 är faktiskt utfall. Åren 2015 och 2020 är en prognos. Notera också att tumregeln är att "en elkonstruktör hos en OEM typ Volvo Cars sysselsätter 5-8 elkonstruktörer i hela leverantörsledet".



Figur 3: Ingenjörer hos Volvo Cars produktutveckling med E, D, eller IT utbildning vs. Tid.

### 3.3 Systemperspektivet – teknik och processer, metoder & verktyg

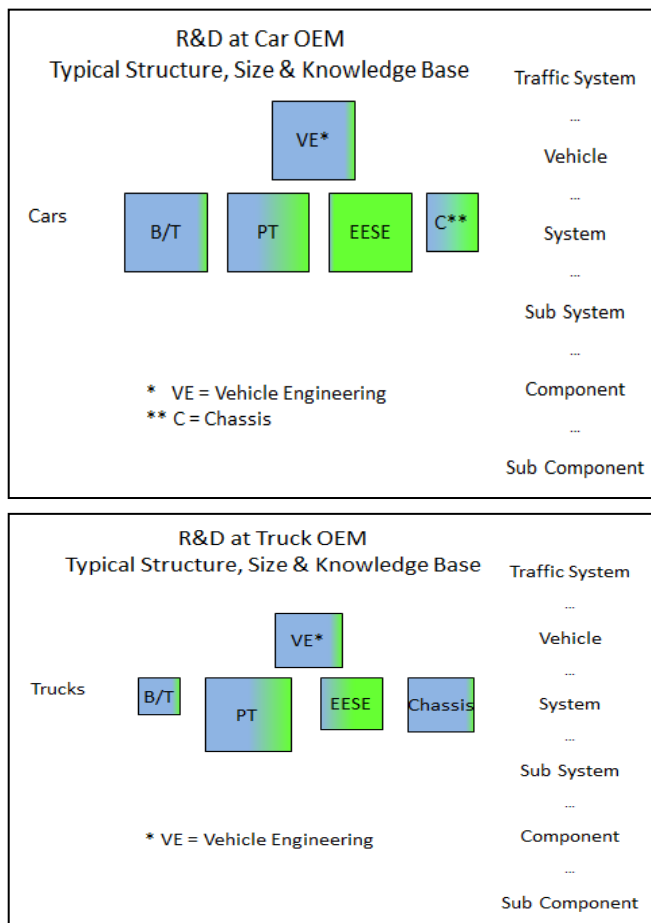
Systemperspektivet definieras enligt Figur 4. Syftet med denna definition är att klargöra var den starkaste kraften (eller för den delen motkraften) finns i förändringsprocessen. Dvs. vilka grupperingar i strukturen som styr förändringen. Den verkliga makten till förändring ligger alltså hos de verksamheter som har ansvar för systemen **PowerTrain (PT)**, **Body&Trim (B&T)**, **EI- & Electronics Systems Engineering (ESEE)** och **Chassi**. Orsaken är att dessa systemägare förvaltar befintlig investering i systemet och ansvarar för att alla dess gränssnitt fungerar hela vägen till slutkund i ett trafiksystem.



**Figur 4:** Definition av systemperspektivet som styr förändringsprocessen.

Rent allmänt, ur ett trafiksäkerhets- och miljöbelastningsperspektiv, kommer systemen PT, ESEE och Chassi ha mest påverkan på framtiden. Den enkla förklaringen är dels att PT ansvarar för optimering av traditionella drivlinor ur ett bränsleförbrukningsperspektiv; och dels att fordons-industrin redan har börjat byta ut konventionella framdrivningsanordningar mot elektrifierade motsvarigheter. Chassi i sin tur ansvarar för lejonparten av aktiv säkerhet som mer och mer innebär att fordon inte krockar. Detta innebär dessutom ur ett säkerhetsperspektiv ett minskat behov av ytterligare krocksäkra karosser från B&T. ESEE svarar för plattformen (hårdvaru- såväl som mjukvarumässigt) som övriga system verkar på. På personbilssidan är det notabelt att den största avdelningen hos PT till antal anställda ingenjörer är "PT:s elavdelning" och det samma gäller för Chassi. Figur 5 illustrerar detta (grön färg indikerar ingenjörer med E, D & IT-bakgrund). Det bör även påpekas att inom personbilssidan ökar B&T stadigt sina aktiviteter inom EMK, t ex ansvarar de för relativt många datornoder. De flesta är relativt små, men ett antal är mycket avancerade (t ex de för airbags, partiell avskärmning av helljus för att inte bländas, "döda-vinkeln"-sensorer, etc.).





**Figur 5:** Principbild av R&D hos OEMs vs Struktur, Storlek & Antal ingenjörer med E, D & IT-bakgrund (grönt)

I scenariot enligt kapitel 3.2 spelar EESE en viktig roll. En beskrivning av detta systems utveckling är att fordonsindustrin har gått, från att fram till 1990-talet ha arbetat enligt principen "varje funktion har sin tekniska hård- och mjukvara", till att under;

- 1990-talet bygga upp teknisk kompetens kring ett integrerat system där flera funktioner nyttjar samma tekniska hård- och mjukvara;
- 2000-talet konsolidera den tekniska elsystemkompetensen samtidigt som ett antal nya teknologier produktifieras (t.ex. sensorteknologier);
- 2010-talet ta steg mot "Decoupled Engineering" och införa uppkopplade fordon
- 2020-talet transfereras fordonsindustrin till ett innovationssystem som på bred front kombinerar mekanik, elektronik och mjukvara med uppgraderade affärsmodeller;
- 2030-talet ses tydligt effekterna i kraftig reduktion av omkomna i trafiken globalt.

Naturligt utvecklas oftast processer, metoder och verktyg (PMT) i takt med teknologin. Dvs. samtidigt som teknologin utvecklas för ett system utvecklas också PMT för sub-systemen.

Eftersom EESE tekniskt är så avgörande för förändringstakten inom fordonsindustrin är det viktigt att förstå hur olika delar i detta system utvecklas. Vi har valt en nedbrytning enligt:

- Electric Architecture – On-board
- Electric Architecture – Off-board
  - Technology for "Green, Safe & Connected functions"
  - User Experience / HMI
- Verification / Validation

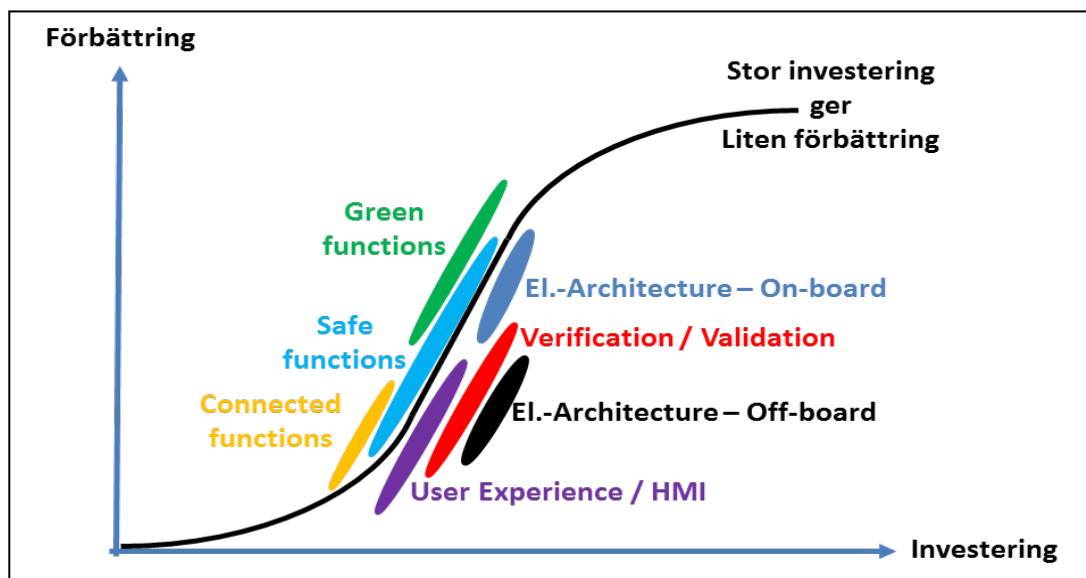
Kännetecknande för EESE är att verksamheten serverar kompetens från flera olika domäner (fysik, kemi, mekanik, elektronik, elkraft, data, & IT). Den egna unika kompetensen har självfallet tyngdpunkten inom el, data & IT, samtidigt som det krävs stor förståelse för de andra kompetenserna (allt fler kundfunktioner realiseras med basteknologi från EESE-området). Detta innebär även att specialistkompetenser hos EESE

är förmåga att hantera komplexitet och att förstå med vilken takt t ex en ny teknologi kan migreras in på marknaden utan att orsaka skada. Dessa kompetenser är avgörande för att driva frågor under innovationsprocessen (dvs. från idé till marknad). En följd effekt av detta fokus är att när det gäller renodlad kunskapsuppbyggnad (traditionell grundforskning) så antar EESE en lägre profil. Det är relativt enkelt att förstå en ny tekniks potential jämfört med att migrera in den i innovationsprocessen. Av detta skäl ligger tyngdpunkten hos EESE:s strategiska/taktiska verksamhet inom FFI på TRL-nivåerna 2-5 (TRL = Technology Readiness Level enligt NASA), samt att via samverkan med tjänsteföretag, institut och akademier transferera kunskap utvecklad hos mer avancerade branscher till fordonsindustrin. Ett huvudsyfte i denna samverkan är också att försörja fordonsindustrin med den kraftigt ökande andelen ingenjörer med E, D & IT-utbildning.

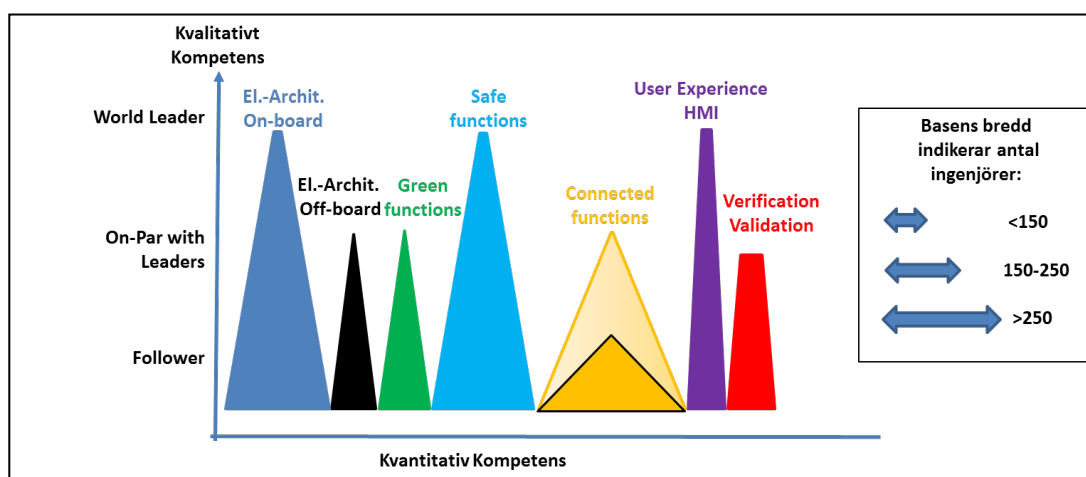
## 4 Framtida teknisk utveckling

Det förtjänas att särskilt understryka att de flesta framtida innovationerna inom fordonsindustrin bygger på ett effektivt informationshanterande. Väldigt förenklat kan sägas att största delen av hårdvaror finns på plats. T ex en plug-in-hybrid utrustad med samtliga aktiva säkerhetssystem (alla externa sensortyper inkluderade) är sannolikt den mest komplexa bil som kommer att utvecklas ur ett mekaniskt perspektiv. Primärt skall alla dess sub-system/komponenter effektiviseras (dvs. lika bra eller bättre prestanda till lägre pris, vikt och volym). Däremot finns en mycket stor potential till innovation genom effektiv informationshantering. Genom att nyttja tillgänglig information i den uppkopplade säkra plug-in hybriden skapas nya innovationer. "Vehicle ICT (Information & Communication Technologies)" ligger alltså helt rätt i framtiden.

I Appendix "Färdplan inom FFI-Fordonsutveckling – Elektronik & Mjukvara på delsystem-nivå" summeras utvecklingen av respektive del-systems under de tre närmaste femårsintervallen. Där framgår även svensk fordonsindustris önskemål om positionering i form av "Wanted position", "Speed of Change" samt "Competence Gap". Respektive delområde beskrivs mer allmänt nedan; dels avseende syfte och innehåll; dels avseende förändringen utifrån position på en traditionell S-kurva (där ett moget ämne ligger högt på S-kurvan, dvs. en stor investering ger en inkrementell förbättring). Slutligen belyses kompetenssituationen något. En sammanfattning av respektive delområdes läge på S-kurvan idag ges i Figur 6 och i Figur 7 ges läget för kompetensbehovet. En tumregel är att under de senaste åren har antalet ingenjörer med utbildningsbas el, data & IT fördubblats var sjunde år (detta framgår även av Figur 3).



**Figur 6:** Översiktligt – "El- & Electronic Systems Engineerings delområden vs. Mognadsgrad



**Figur 7:** Översiktligt – EESE:s kompetensläge idag (förändringstakten beskrivs i texten nedan)  
"Avskalad spets" på triangeln indikerar hur kraftigt vi bör stärka oss kvalitativt inom området.

Observera att "Electric Architecture – Off-board & Connected Functions" enligt Figur 6 är relativt omogna, samt att antalet ingenjörer är något blygsam i Figur 7. En inte alltför djärv gissning är att båda dessa områden kommer att växa kraftigt i antal. Dessutom har vi lagt in två trianglar av den enkla anledningen att vi i dagsläget är osäkra på var vi skall positionera oss för respektive fordonsslag. Området "Verification/Validation" måste matcha de områden där vi är eller vill vara på nivån "World Leader", därav den kraftigt "avskalade spetsen". När det gäller "Green Functions" och CO<sub>2</sub> så är det knivskarp konkurrens. Av detta skäl har vi förlagt spetsen på pyramiden vid "On-Par with Leaders". Ambitionen för de nya framdrivningsanordningarna är att vara "World Leader".

## 4.1 Architecture – On-board

**Syfte:** El-arkitekturen kan jämföras med en självbärande kaross. Denna skall bära alla mekaniska laster under normal drift samtidigt som den skall hantera mekaniska laster på ett önskat sätt under ett krockförlopp. "Den självbärande el-arkitekturen" skall bära informationslasten under normal drift samtidigt som den skall hantera informationslasten på ett önskat sätt under t ex ett krockundvikande förlopp. Elarkitekturen skall även försörja fordonet med elenergi och eleffekt genom att balansera tillgångar på multipla spänningsnivåer (typiskt 12/24 – 48 – 300/600 V). Dessutom skall el-arkitekturen möjliggöra effektiv diagnostisering av sig själv och av fordonets övriga komponenter för service och reparationer på eftermarknaden samt kommunikation med omgivningen för förbättring och anpassning av fordonets egenskaper efter trafiksituation, transportuppdrag m.m.

**Innehåll:** El-arkitekturen omfattar elförsörjning, inbyggda datorsystem, datorkommunikation, funktions- & systemsäkerhet, samt diagnostisering. Framförallt definierar el-arkitekturen ett regelverk för hur "den självbärande informationsstrukturen" skall nyttjas för att realisera kundfunktionalitet. I el-arkitekturen ingår ett fåtal komponenter i form av mjukvaruartiklar (t ex för operativsystem, "Open Source Code", etc), samt elkraftkomponenter (de klassiska: startmotor, generator & batteri samt de som behövs för multipla spänningsnivåer). Det ingår även en mycket stor variantflora (särskilt på tunga sidan) som el-arkitekturen behöver kunna hantera. Vidare ingår omfattande ansvar i att tillhandahålla PMT för att utveckla både elsystemet och de funktioner som realiserar med hjälp av elsystemet. Detta innefattar PMT för såväl den traditionella V-modellen som det agila arbetssättet med slutkund inkopplad i utvecklingsloopen (dvs. "Decoupled engineering", "Continuous Integration" and "Continuous Deployment").

**Förändring:** Utvecklingsmässigt ligger el-arkitekturen något över mitten av S-kurvan. Exempel på några stora utvecklingssteg är dels att underlätta för kontinuerligt införande av applikations-mjukvaror i datomoder som är ASIL-klassificerade (Automotive Safety Integrity Level), dels att införa nya kommunikationsprotokoll. Förändringstakten får betraktas som medelhög. El-arkitekturen bör även göras mer flexibel och kostnadseffektiv så att kraven för både enklare fordon och mer komplexa fordon kan mötas.

**Kompetensläget:** Kompetensförsörjning sker framförallt via utveckling av egen personal i förutvecklingsprojekt; medverkan i internationella de-facto-standardiseringsuppdrag; samt via tjänsteföretag som även utför uppdrag åt annan systemindustri. I dagsläget ser vi ingen akut brist på ingenjörer.

## 4.2 Electric Architecture – Off-board

**Syfte:** Att hantera hur fordonet kopplas upp för informationsutbyte med omvärlden.

**Innehåll:** Här ingår radiokommunikation, datasäkerhet, signalkvalitet & elektromagnetisk kompatibilitet, internet samt funktions- & systemsäkerhet. Även denna del av el-arkitekturen fokuseras på ett regelverk för hur "den självbärande informationsstrukturen" skall nyttjas för att realisera kundfunktionalitet; och det ingår ett fåtal komponenter i form av mjukvaruartiklar (t ex för datasäkerhet). När det gäller PMT så är fokus att nyttja de möjligheter som följer av "uppkopplade fordon" och "de-coupled SW engineering" (dvs. att mjukvarubaserade applikationer utvecklas skilt från bilutveckling).

**Förändring:** Utvecklingsmässigt ligger denna del av el-arkitekturen nedanför mitten av S-kurvan. Exempel på stora utvecklingssteg är dels att svänga över till en ny leverantörstruktur för traditionella infotainmentfunktioner; dels att utveckla respektive företags "tekniska molnplattform"; dels att införa nya kommunikationsprotokoll. Förändringstakten får betraktas som mycket hög.

**Kompetensläget:** Kompetensförsörjning sker framförallt via medverkan i internationella de-facto-standardiseringsuppdrag och via tjänsteföretag som även utför uppdrag åt annan systemindustri. I dagsläget skulle fordonsindustrin tjäna på att öka antalet erfarna ingenjörer.

### 4.3 Technology for "Green, Safe & Connected functions"

**Syfte:** Att utveckla nödvändig basteknologi för att realisera funktioner. För "green functions" är detta teknologier för att reducera fossilberoendet i framdrivningsanordningarna; för "safe functions" är det primärt reglerteknik (inklusive sensorteknologi); samt för "connected functions" är det framförallt kommunikationsprotokoll och informationsvisualisering.

**Innehåll:** Här ingår många komponenttyper, t ex mjukvaruartiklar, processorer, batterier, strömriktare, elmaskiner, laddningsutrustning, sensorer, algoritmer, ställdon, optik, belysning, antenner, förstärkare, displayer, etc. Var och en av dessa komponenter behöver sina PMT för att utvecklas; ett väsentligt randvillkor är att dessa PMT passar mot PMT i överordnat system.

**Förändring:** Utvecklingsmässigt längs S-kurvan sprider dessa teknologier relativt mycket. "**Green functions**" som åstadkommes via bättre nyttjande av de traditionella framdrivningsanordningarna ligger relativt högt på S-kurvan; exempel på detta är "coasting". De delar som ligger lägre på S-kurvan består framförallt av elhybridkoncept och komponenter; exempel är mild-hybrid-koncept på 48 V. "**Safe functions**" har dels kommit en bra bit på vägen mot mognare produkter; exempel är enkla funktioner där en sensor identifierar något och algoritmer beordrar ställdon att agera (exempelvis "Forward Collision Warning"). Att spridningen sträcker sig så pass långt ner på S-kurvan för "safe functions" beror på att när info från sensorer kombineras (inklusive sensorer inuti kupén och från "molnet") är det ett oskrivet blad till vilka höjder den aktiva säkerheten kan nå. Sensordatafusion och algoritm-kunnande blir centralt. "**Connected functions**" är i sin linda inom fordonsindustrin, därav placeringen långt ner på S-kurvan. Exempel på några av stora utvecklingssteg är att fullt ut nyttja "molntjänster" dels för nya kundfunktioner; dels för att effektivisera den egna verksamheten; samt dels för datahandel. Ett annat exempel på stora förändringar är att stärka förmågan att nyttja teknologi från konsumentelektronikområdet (t ex internetbaserad programvara och datorgrafik). Förändringstakten inom samtliga tre områden får betraktas som mycket hög.

**Kompetensläget:** Kompetensförsörjning för "green & safe functions" sker framförallt via egna förutvecklingsprojekt och ihop med traditionell leverantörsindustri. Dito för "connected functions" sker framförallt via medverkan i internationella de-facto-standardiseringsuppdrag och via tjänsteföretag som även utför uppdrag åt annan systemindustri och åt konsumentelektronikföretag. Inom "safety functions" är det även viktigt att säkerställa akademiernas och institutens kunskaps-försörjning. I dagsläget skulle vi tjäna på att i en raskare takt öka antalet erfarna ingenjörer inom samtliga tre områden.

### 4.4 User Experience (UX) / HMI

**Syfte:** UX/HMI behandlar i en glidande skala aktiviteter från enkel interaktion mellan förare och fordon till hur förare och passagerare upplever transporten. Interaktionen mellan förare och fordon utförs alltmer multimodalt.

**Innehåll:** Basmodaliteterna för enkel interaktion mellan förare och fordon är visuellt, ljud, haptisk, taktilt, röst, proximity, gester, gaze, etc. Därutöver ingår självfallet kombinationer av basmodaliteterna samt att även inkludera emotionella upplevelser. Kärnpunkten i UX/HMI är att förstå modaliteternas egenskapspåverkan och vilken teknologi som behövs för att realisera dem.

**Förändring:** Basmodaliteterna ligger relativt högt i S-kurvan. Längre ner på S-kurvan ligger de multimodala möjligheterna vilka snabbt blir komplexa och omfattande. Om dessutom de emotionella upplevelserna inkluderas fås transportens UX som mer eller mindre är ett oskrivet blad inom fordonsindustrin (dvs. denna del ligger allra längst ner på S-kurvan). Exempel på stora utmaningar är effektiva PMT för att förstå olika kundgruppers preferenser. Förändringstakten är mycket hög.

**Kompetensläget:** Kompetensförsörjningen sker framförallt via medverkan i både nationella och internationella forskningsuppdrag samt via tät interaktion med akademier och institut.

## 4.5 Verification/Validation

**Syfte:** Att visualisera att samtliga kundfunktioner och deras interaktion med föraren kan realiseras i befintligt elsystem.

**Innehåll:** Verification/Validation behandlar förenklat MIL-SIL-HIL (Models-Software-Hardware-In the Loop) på högre och högre systemnivå. I dagsläget behärskar fordonsindustrin MIL-SIL-HIL på sub-systemnivå (se Figur 4) och de första uppsättningarna på komplettvagnsnivå börjar användas. De stora utmaningarna är att utveckla MIL-SIL-HIL hela vägen upp till "Traffic/ Infrastructure" enligt Figur 4; dvs. att kunna verifiera/validera "system-av-system". Av detta skäl har "verification/validation" markerats utsträckt på nedre delen av S-kurvan. En annan krävande utmaning är att utarbeta modeller (som mekaniska/elektriska/mjukvaru-baserade system) på alla nivåer enligt Figur 4 med godtagbar noggrannhet.

**Förändring:** Förändringstakten får betraktas som hög.

**Kompetensläget:** Kompetensförsörjning sker framförallt via utveckling av egen personal i förutvecklingsprojekt; samt via tjänsteföretag som även utför uppdrag åt annan systemindustri. I dagsläget skulle vi tjäna på att i en raskare takt öka antalet erfarna ingenjörer.

## 5 Slutord

Programrådet har förhoppningen att denna "kondenserade" färdplan ska vara ett gemensamt instrument för strategiska vägval avseende forsknings- och utvecklingsaktiviteter samt värdefull vid uppföljning av programmet likväl som för att förmedla en övergripande bild av FFI och dess betydelse för säkra och miljövänliga transporter. Färdplanen kommer att behöva uppdateras regelbundet och sannolikt minst vartannat år.

I dokumentet ges exempel på forsknings- och utvecklingsområden som är relevanta för FFI-programmet när det gäller området EM. Detta ska emellertid inte tolkas som om dessa är de enda områden där FFI kan finansiera "fordonsstrategiska forsknings- och innovationsaktiviteter".

## 6 Appendix: Färdplan inom FFI-Fordonsutveckling – Elektronik & Mjukvara på del-system-nivå

| Vehicle ICT – Opportunities vs. Competence Gaps |                            |                                                           |                 |                 |                |
|-------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Electric Architecture – On-board                |                            |                                                           |                 |                 |                |
|                                                 | Main Elements              | Opportunities                                             | Wanted Position | Speed of Change | Competence Gap |
| 2020                                            | Concept designs            | Topology, Logic design, System simulations                | World Leader    | Average         | Medium         |
|                                                 | Electric power             | Establish 48 V, Battery, Convertors, Electric machines    |                 |                 |                |
|                                                 | Communication              | Flexray, Ethernet, On-board Wi-Fi for CE                  |                 |                 |                |
|                                                 | Electric control units, SW | SW-architecture, OS, Continuous integration, Open source  |                 |                 |                |
|                                                 | Functional safety          | Functional architecture simplifying continuous deployment |                 |                 |                |
|                                                 | System safety              | ISO26262                                                  |                 |                 |                |
| 2025                                            | Concept designs            | Reduce number of nodes, Improved diagnostics              | World Leader    | Average         | Medium         |
|                                                 | Electric power             | 48 V for improved functionality                           |                 |                 |                |
|                                                 | Communication              | On-board Wi-Fi for sensors/ actuators                     |                 |                 |                |
|                                                 | Electric control units, SW | Standard units, Continuous deployment, "Apps in ASIL"     |                 |                 |                |
|                                                 | Functional safety          | Well established top-down architecture                    |                 |                 |                |
|                                                 | System safety              | Utilize multiple voltages                                 |                 |                 |                |
| 2030                                            | Concept designs            | In-house simulation from requirements to validation       | World Leader    | Average         | Medium         |
|                                                 | Electric power             | TBD                                                       |                 |                 |                |
|                                                 | Communication              | Communication protocol included in SW                     |                 |                 |                |
|                                                 | Electric control units, SW | OEM controls SW-layers, R&D an innovation system          |                 |                 |                |
|                                                 | Functional safety          | Include cloud functions for ASIL-system                   |                 |                 |                |
|                                                 | System safety              | Utilize connection to cloud                               |                 |                 |                |

|      | Vehicle ICT – Opportunities vs. Competence Gaps<br>Electric Architecture – Off-board |                                                            |                     |                 |                |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|
|      | Main Elements                                                                        | Opportunities                                              | Wanted Position     | Speed of Change | Competence Gap |
| 2020 | Concept designs                                                                      | V2V cloud connections on a broad scale                     | Follower            | Very High       | Very Large     |
|      | Integrity                                                                            | Data security, Personal security                           |                     |                 |                |
|      | Communication                                                                        | Establish 4G and 802.11p, Study 5G                         |                     |                 |                |
|      | Antennas                                                                             | Performance and EMC-simulations                            |                     |                 |                |
|      | Functional safety                                                                    | Study cloud based “ASIL-functions”, Autonomous driving     |                     |                 |                |
|      | System safety                                                                        | Utilize cloud for redundant data, Autonomous driving       |                     |                 |                |
|      |                                                                                      |                                                            |                     |                 |                |
| 2025 | Concept designs                                                                      | Study vehicle as a “relay station” for communication       | On-Par with Leaders | High            | Large          |
|      | Integrity                                                                            | Theft protection inside/outside vehicle                    |                     |                 |                |
|      | Communication                                                                        | Establish 5G and 802.11xx                                  |                     |                 |                |
|      | Antennas                                                                             | Strong influence on concept in early phases                |                     |                 |                |
|      | Functional safety                                                                    | Study cloud based “ASIL-functions”, Autonomous driving     |                     |                 |                |
|      | System safety                                                                        | Autonomous driving                                         |                     |                 |                |
|      |                                                                                      |                                                            |                     |                 |                |
| 2030 | Concept designs                                                                      | Establish vehicle as “relay station” for communication     | World Leader        | Average         | Medium         |
|      | Integrity                                                                            | TBD                                                        |                     |                 |                |
|      | Communication                                                                        | TBD                                                        |                     |                 |                |
|      | Antennas                                                                             | TBD                                                        |                     |                 |                |
|      | Functional safety                                                                    | Establish cloud based “ASIL-functions”, Autonomous driving |                     |                 |                |
|      | System safety                                                                        | Autonomous driving                                         |                     |                 |                |



|      | Vehicle ICT – Opportunities vs. Competence Gaps<br>User Experience (UX) / HMI |                                                       |                     |                 |                |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|
|      | Main Elements                                                                 | Opportunities                                         | Wanted Position     | Speed of Change | Competence Gap |
| 2020 | Interaction modalities                                                        | Gestures, Proximity, Speech, Glance                   | On-Par with Leaders | Very High       | Very Large     |
|      | HMI                                                                           | New primary/secondary information, Autonomous driving |                     |                 |                |
|      | User Experience (UX)                                                          | HMI-related                                           |                     |                 |                |
|      | Displayer                                                                     | Head Up Displays (HUDs), Computer graphics            |                     |                 |                |
|      | Personalization                                                               | Driver recognition, Link CE in cloud services         |                     |                 |                |
|      | TBD                                                                           |                                                       |                     |                 |                |
| 2025 | Interaction modalities                                                        | Multimodalities (sensor fusion)                       | World Leader        | Very High       | Very Large     |
|      | HMI                                                                           | Driver status, Continuous deployment                  |                     |                 |                |
|      | User Experience (UX)                                                          | Harmonized cross function, Autonomous driving         |                     |                 |                |
|      | Displayer                                                                     | Augmented reality in HUDs, “Soft Displays”            |                     |                 |                |
|      | Personalization                                                               | Seamless transparency home-cell phone-car             |                     |                 |                |
|      | TBD                                                                           |                                                       |                     |                 |                |
| 2030 | Interaction modalities                                                        | Driver status – External sensors - Displays           | World Leader        | High            | Large          |
|      | HMI                                                                           | Adaptive HMI                                          |                     |                 |                |
|      | User Experience (UX)                                                          | Innovation system for SW-based functions              |                     |                 |                |
|      | Displayer                                                                     | Advanced augmented reality                            |                     |                 |                |
|      | Personalization                                                               | Customer configure vehicle from home                  |                     |                 |                |
|      | TBD                                                                           |                                                       |                     |                 |                |

|      | Vehicle ICT – Opportunities vs. Competence Gaps<br>Verification/Validation |                                                   |                     |                 |                |
|------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------|-----------------|----------------|
|      | Main Elements                                                              | Opportunities                                     | Wanted Position     | Speed of Change | Competence Gap |
| 2020 | MIL-SIL-HIL-integration                                                    | HIL for complete vehicle                          | On-Par with Leaders | Very High       | Very Large     |
|      | Virtual verification                                                       | Establish on system level                         |                     |                 |                |
|      | Model repository                                                           | Establish framework for complete vehicle models   |                     |                 |                |
|      | Big data                                                                   | Establish pilots within Active Safety & HMI       |                     |                 |                |
|      | Visualization                                                              | Knowledge based engineering                       |                     |                 |                |
|      | High Level Architecture (HLA)                                              | Study HLA                                         |                     |                 |                |
| 2025 | MIL-SIL-HIL-integration                                                    | MIL-HIL for complete vehicle                      | On-Par with Leaders | High            | Large          |
|      | Virtual verification                                                       | Establish on complete vehicle level               |                     |                 |                |
|      | Model repository                                                           | Seamless models from design to after market       |                     |                 |                |
|      | Big data                                                                   | Remote data collection in all divisions           |                     |                 |                |
|      | Visualization                                                              | Feature decisions based on moving base simulators |                     |                 |                |
|      | High Level Architecture (HLA)                                              | Connect simulators via cloud                      |                     |                 |                |
| 2030 | MIL-SIL-HIL-integration                                                    | MIL-SIL-HIL for complete vehicle                  | On-Par with Leaders | High            | Large          |
|      | Virtual verification                                                       | Established on traffic system level               |                     |                 |                |
|      | Model repository                                                           | Dynamic models based on Big Data                  |                     |                 |                |
|      | Big data                                                                   | Utilized in continuous deployment                 |                     |                 |                |
|      | Visualization                                                              | Feature decisions based on traffic simulation     |                     |                 |                |
|      | High Level Architecture (HLA)                                              | Visualize traffic by connecting simulators        |                     |                 |                |

| Vehicle ICT – Opportunities vs. Competence Gaps<br>Technology for "Green, Safe & Connected functions" |                     |                                                                          |                                                                                  |                                                      |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------|
|                                                                                                       | Main Elements       | Opportunities                                                            | Wanted Position                                                                  | Speed of Change                                      | Competence Gap |
| 2020                                                                                                  | CO <sub>2</sub>     | Regenerative braking, coasting, etc.                                     | Green: Ambition to be World Leaders<br>Safe: World Leader<br>Connected: Follower | Green: High<br>Safe: High<br>Connected: Very High    | Very Large     |
|                                                                                                       | Hybrid power trains | Battery, Combine convertors, Electric machines                           |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Charging            | Conductive, Automated bus stop and terminal charging                     |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Cameras, Lighting   | Algorithms, LED-lamps                                                    |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Sensor technology   | Sensor data fusion within active safety, Sensors for fuels and emissions |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Actuator technology | Climate & comfort 48 V based actuators                                   |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | V2I                 | Data trading, Internet based SW (WEB-technology)                         |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | V2V                 | Establish basic functions                                                |                                                                                  |                                                      |                |
| 2025                                                                                                  | CO <sub>2</sub>     | Combine utilization of different voltage levels                          | Green: Ambition to be World Leaders<br>Safe: World Leader<br>Connected: Follower | Green: Average<br>Safe: High<br>Connected: Very High | Very Large     |
|                                                                                                       | Hybrid power trains | Battery, SiC-convertors                                                  |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Charging            | Inductive, Study continuous road-charging (Trucks & Buses)               |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Cameras, Lighting   | Algorithms, LED-lamp matrix for head-lights                              |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Sensor technology   | Sensor data fusion for complete vehicle                                  |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Actuator technology | Advanced 48 V based actuators                                            |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | V2I                 | Safety information, Fleet operations                                     |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | V2V                 | Advanced functions (e.g. in autonomous driving)                          |                                                                                  |                                                      |                |
| 2030                                                                                                  | CO <sub>2</sub>     | TBD                                                                      | Green: Ambition to be World Leaders<br>Safe: World Leader<br>Connected: Follower | Green: Average<br>Safe: High<br>Connected: High      | Large          |
|                                                                                                       | Hybrid power trains | Battery                                                                  |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Charging            | "Taxation" for electrified miles                                         |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Cameras, Lighting   | Algorithms, LED-lamps holographic                                        |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Sensor technology   | Sensor data fusion involving "cloud"                                     |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | Actuator technology | TBD                                                                      |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | V2I                 | TBD                                                                      |                                                                                  |                                                      |                |
|                                                                                                       | V2V                 | TBD                                                                      |                                                                                  |                                                      |                |