

Förstärkt ADAS

Förbättring av förarupplevelse, acceptans och tillit till förarstödssystem



Författare: Niklas Strand, Daban Rizgary, Erik Larsson, Victor Brandt

Datum: 2023-01-13

Projekt inom FFI Trafiksäkerhet och automatiserade fordon

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	3
3 Bakgrund.....	4
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	5
6 Resultat och måluppfyllelse	5
6.1 Resultat från arbetspaket 1	5
6.2 Resultat från arbetspaket 2	6
6.3 Resultat från arbetspaket 3	7
6.4 Resultat från arbetspaket 4	10
6.5 Resultat från arbetspaket 5 & 6.....	11
7 Resultat med relevans för FFI och TSA.....	17
7.1 FFI	17
7.2 Trafiksäker Automatisering	18
8 Spridning och publicering	18
8.1 Kunskaps- och resultatspridning	18
8.2 Publikationer.....	19
9 Slutsatser och fortsatt forskning	19
10 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	20

Kort om FFI

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

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Det tvååriga projektet *Förstärkt ADAS: Förbättring av förarupplevelse, acceptans och tillit till förarstödssystem* har arbetat med integrering av ADAS för att förbättra befintliga system. Integreringsarbetet förbättrade användarupplevelsen av befintliga ADAS till följd av att ny funktionalitet utvecklades, för systemets uppträdande och dess användargränssnitt. De tre övergripande projektmålen i Förstärkt ADAS-projektet var: (1) att förstå hur trafiksäkerheten kan förbättras genom att integrera sensorinformation (miljöinformation) och fordonets beteende med kartor och realtidsinformation i ADAS, (2) generera ny kunskap och förutsättningar för att förarens acceptans och förtroende ska öka önskvärdheten för förbättrande ADAS och därmed effektivitet, samt (3) förbättra förståelsen för de krav som ställs på interaktionen mellan föraren och fordonet (för att förbättra upplevelsen, acceptans och förtroende för ADAS) och hur den interaktionen--och samspelet--kan förbättras i realtid genom dynamiskt användargränssnitt och anpassningar i fordonets beteende.

I projektet har ett mer dynamiskt ADAS tagits fram. Det ADAS systemet integrerar förarmonitorering, sensordata (miljödata), och kartdata med tillhörande användargränssnitt, vilket togs fram i två större prototypversioner. Dessa prototyper inlemmades i testfordon och utvärderades med riktiga användare i verklig trafik (test av prototyp 1), samt på testbana (test av prototyp 2). I projektets testverksamhet har således två större iterationer av *förstärkt ADAS* utvärderats och demonstrerats. Den första avancerade prototypen hade delvis integrerad sensor- och kartvy, vilket i den andra avancerade prototypen vidareutvecklades genom ytterligare integreringen (vyerna). Även användargränssnittets design förändrades väsentligt i både estetik och funktionell användardesign mellan de två större designiterationerna av prototypen.

Designarbetet skedde systematiskt och baserades på studier av litteratur samt enklare användartester. Det arbetet innebar även samarbete med universitet genom att en examensarbetare i teknisk design engagerades i projektet inför den andra större designiterationen, vilket sedan implementerades i prototyp två. De två större prototyperna—som testades och demonstrerades i verklig trafik samt på testbanan AstaZero—integrerade användargränssnitt, ADAS, förarmonitorering, och kartdata i två olika testfordon på ett framgångsrikt sätt. Projektet har således visat att den här typen av integrering kan genomföras på ett sätt som bidrar positivt till användarupplevelsen, och därmed nästa generation av ADAS. Den testdrivna approachen kommer fortsätta genom fortsättningsprojektet Förstärkt ADAS II, där ADAS kommer fortsätta förbättras genom utökning av förarmonitoreringen till att även innefatta kabinmonitorering.

2 Executive summary in English

The two-year project *Enhanced ADAS: Improving Driver Experience, Acceptance and Trust in Driver Assistance Systems* has worked on the integration of ADAS to improve existing systems. The integration work improved the user experience of existing ADAS as a result of developing new functionality, for the system's behavior as well as its user interface. The three overall project objectives of the Enhanced ADAS project were: (1) to understand how road safety can be improved by integrating sensor information (environmental information) and vehicle behavior with maps and real-time information in ADAS, (2) to generate new knowledge and conditions for driver acceptance and confidence to increase the desirability of enhanced ADAS and thus effectiveness, and (3) improve understanding of the requirements for driver-vehicle interaction (to improve ADAS experience, acceptance and confidence) and how that interaction--and interplay--can be improved in real time through a dynamic user interface and vehicle behavioral adaptations.

The project has developed a more dynamic ADAS. The ADAS system integrates driver monitoring, sensor data (environmental data), and map data with a functioning dynamic user interface, which was developed in two major prototype versions. These prototypes were incorporated into test vehicles and evaluated with real users in real traffic (test of prototype 1), as well as on test track (test of prototype 2).

Thus, two major iterations of enhanced ADAS have been evaluated and demonstrated in the testing activities of the project. The first advanced prototype had partially integrated sensor and map views, which in the second advanced prototype were further developed by additional integration (fully integrating sensor- and map view). The user interface design also changed significantly in both aesthetics and functional user design between the two major design iterations of the prototype.

The design work was done systematically and was based on literature studies and user testing. This work also involved collaboration with universities by involving a graduate student in technical design in the project for the second major design iteration, which was then implemented in prototype two. The two major prototypes—which were tested and demonstrated in real traffic and on the AstaZero proving ground, and thus integrated user interface, ADAS, pre-monitoring, and map data in two different test vehicles in a successful manner. The project has thus demonstrated that this type of integration can be implemented in a way that contributes positively to the user experience, and thus to the next generation of ADAS. The test-driven approach will continue through the continuation project Enhanced ADAS II, where ADAS will continue to be improved by extending the driver monitoring to include in-cab monitoring.

3 Bakgrund

Avancerade förarassistanssystem (ADAS) är utformade för att göra fordonen säkrare, effektivare och lättare att köra. ADAS-systemen kan även hjälpa förarna att känna igen och tolka trafiksituationer genom att visa varningar och/eller styra fordonet för att mildra farliga trafiksituationer. ADAS-system som till exempel adaptiv farthållare (ACC), körfältsassistans, och dödavinkelvarnare finns idag hos flertalet fordonstillverkare. Inom några år kommer flera system, däribland förarövervakningssystem (DMS) som övervakar förarens beteende och varnar vid distraherad eller sömnig körning, att bli obligatoriska i nya fordon i hela EU [1]. Detta beror främst på att ADAS redan har visat sig ge betydande säkerhets- och effektivitetsfördelar [2]. Om dessa system används på rätt sätt kan de potentiellt förhindra miljontals olyckor per år [3].

I takt med att tekniken utvecklas kan ADAS-systemens kapacitet och funktionalitet förbättras och därmed bidra till förbättrade—till exempel säkrare och effektivare—transporter. Flera prognoser visar på en växande marknad för ADAS. En stor utmaning är dock att uppnå förarnas förtroende och acceptans för tekniken. Flera undersökningar visar att förare tenderar att undvika att använda ADAS, främst på grund av otillräcklig prestanda och dåliga relationer mellan förare och fordon. ADAS uppfyller helt enkelt inte förarnas behov av stöd och förväntningar (IHS, 2019-06; AAA, 2018-09; McKinsey, 2016; JdPower, 2019-08). Dagens ADAS använder en rad miljösensorer (kameror, lång- och kortdistansradar, lidar, ultraljud), manöverdon, styrenheter och programvara. Dessa tekniska komponenter används för att skapa medvetenhet om fordonets omgivning, men har naturligt även begränsningar i vad som kan detekteras. Minskat förtroende och acceptans kan förklaras av både interaktionsdesignen som inte bygger acceptans och förtroende för systemet men också av tekniska begränsningar i systemen [4][5].

I det här projektet kommer vi att utforska hur förarnas erfarenhet, acceptans och förtroende för ADAS kan förbättras genom att förbättra funktionalitetens prestanda samt genom användning av dynamiska strategier för interaktion mellan förare och fordon. Potentiella lösningar för att förbättra både tekniska aspekter samt den interaktiva aspekten av ADAS för att öka acceptansen för dessa typer av system har undersökts i det här projektet genom att:

- Integrera förarövervakning med existerande ADAS.
- Kombinera data från externa sensorer, förarbevakning och kartdata för att ge ADAS en bättre lägesbild och kunna överföra den berikade lägesbilden till föraren.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Den övergripande forskningsfrågan i projektet var: Hur kan säkerhet, effektivitet, samt förarens upplevelse, acceptans och förtroende för ADAS förbättras genom att integrera realtidsinformation om förarens beteende, sensorinformation och kartor i befintliga ADAS?

Mer specifikt utforskades följande forskningsfrågor:

- Vilka är de lämpligaste användningsfallen för förbättrade ADAS när det gäller säkerhet, effektivitet och förarupplevelse? Och vilka politiska, rättsliga och etiska problem finns det för dessa användningsområden?
- Vilka är förarnas behov och krav på ADAS?
- Hur kan dynamisk interaktion mellan förare och fordon (användargränssnitt och/eller fordonsbeteende) utformas för att förbättra förarnas upplevelse, acceptans och förtroende för ADAS?
- Hur påverkar integrationen av nya data förmågan till hotbedömning (t.ex. falska varningar)?
- Hur påverkar integreringen av nya data undvikandet av incidenter (t.ex. tid till kollision)?
- Hur påverkar nya data effektiviteten (t.ex. hård bromsning)?

För att organisera arbetet delades projektet in i sju arbetspaket:

1. Projektkoordinering
2. Specifikation av användarfall, regelverk och etiska aspekter
3. Design av dynamiska förar-fordon interaktionsstrategier
4. Specifikation av utvärderingsmetodologi
5. Utvärdering på testbana och/eller i verklig trafik
6. Analys av data från utvärderingar
7. Disseminering av projektresultat

Arbetet i arbetspaket två till sju har utförts i en iterativ process i två omgångar som bestått av två huvudsakliga studier, där den första var i verklig trafik, och den andra var på AstaZero testbana. Det har också skett mindre iterationer inom andra iterationen vilket bestått av studier inom ramarna för ett examensarbete.

5 Mål

Projektets mål har varit att:

- Förstå hur trafiksäkerheten kan förbättras genom att kombinera information om miljö och fordonsbeteende med kartor och realtidsinformation i ADAS,
- Att skapa kunskap och förutsättningar för att öka förarnas acceptans, förtroende och önskvärdhet för förbättrade ADAS för ökad effektivitet.
- Förstå vilka krav detta ställer på interaktionen mellan fordon och förare och hur denna interaktion kan förbättras i realtid genom dynamisk HMI och/eller fordonsbeteende för att förbättra förarnas upplevelse, acceptans och förtroende för ADAS.

6 Resultat och måluppfyllelse

Följande delkapitel beskriver resultaten från projektet.

6.1 Resultat från arbetspaket 1

Projektet har drivits framåt med veckovisa möten som inför projektfaser där arbetet inför testning behövs intensifieras, kompletterats med workshops. Workshops har kretsat kring bland annat designutveckling och specificering av användarfall. Vid behov har även fysiska arbetsmöten i labb och garagagemiljö använts för att integrera projektets olika utvecklingsområden i faktiska testbilar.

6.2 Resultat från arbetspaket 2

Användarfallen i projektet hade som mål att uppfylla så många av enskilda partners intressepunkter som möjligt, i samspel med projektets huvudmål, utan att bidra till onödig komplexitet och tidsåtgång. Detta utfördes främst genom löpande workshops och expertdiskussioner inför varje testtillfälle, där brainstorming och detaljönskemål från parterna behandlades och sammanfördes till ett antal förslag på användarfall. Inför varje test betygsattes förslagen av alla workshopdeltagare i prioritet och värde under några iterationer för att utvinna ett konsensusbeslut vilka användarfall som var mest värdefulla att undersöka.

Inför det första testet lades fokus främst på att arbeta fram den bästa utvärderingen för den första iterationen av HMI't som utvecklats, samt hur audiella och visuella varningar vid distraktion och trötthet påverkar föraren i allmänhet. Även timingen för dessa audiella och visuella varningar uppfattades av föraren under normal körning ansågs som intressant.

Användarfallen som beslutades att utvärderas under test 1 var de följande:

- Påfart till motorväg
- Avfart från motorväg
- Filbyte på motorväg
- Lång distraktion (Long distraction)
- Repeterad kort distraktion (Short distraction)
- Rondell
- Högersväng vid korsning
- Vänstersväng vid korsning

Dessa användarfall ämnades att kollektivt simulera ett flertal trafiksituationer där HMI-information och dess inverkan var av intresse, och att i sin tur bidra med ett bra underlag för föraren att utvärdera värdet av systemet i helhet under en körning.

Förberedelsen för test 2 inleddes med att utvärdera resultat och insikter från det första testet. Därefter lades fokus på att arbeta fram det bästa sättet att utvärdera det kompletta systemet som innefattade HMI, DMS samt ADAS-funktionalitet, främst ur förarupplevelsen när fordonet både förmedlar information om vad som händer och samtidigt justerar sitt beteende beroende på förarens beteende. Detta inkluderade aktiva fordonsaktioner när exempelvis distraktion upptäcks under vissa körsituationer, HMI-respons när fordonet inte klarar av vissa trafiksituationer, etc.

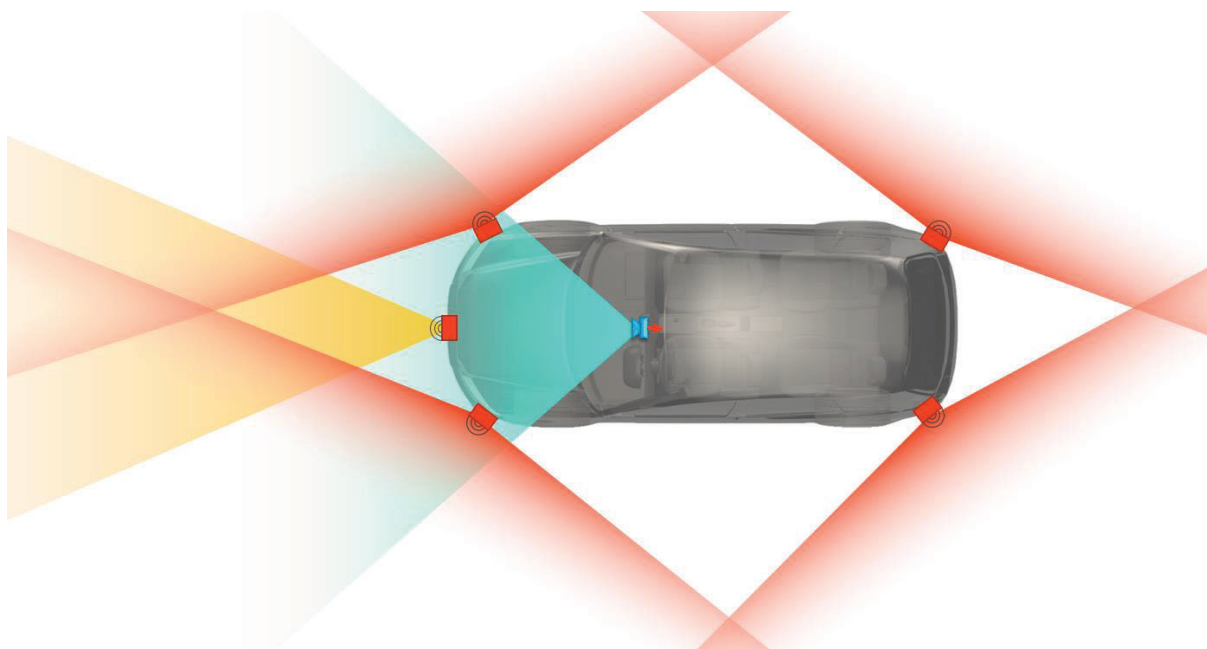
Användarfallen som beslutades att utvärderas under test 2 var de följande:

- Vänstersväng i T-korsning med och utan HMI: Uppsatt för att utvärdera värdet av stöttande/påminnande information för att hjälpa föraren att hålla uppsikt åt båda håll vid vänstersväng.
- Filbyte vid vägavstängning med glanceinstruktioner från HMI: Syfte att utvärdera värdet av uppsiktsstöttande information för att hjälpa föraren att hålla uppsikt i döda vinkeln och i backspeglarna innan ett filbyte görs.
- Filbyte vid vägavstängning med handover-information från HMI: Ämnat att utvärdera värdet av information angående fordonets kapacitet att klara av en viss situation och i sin tur informera föraren att den måste ta över kontrollen samt förenkla överlämning.
- Repeterad kort distraktion (Short distraction) med och utan HMI och fordonsrespons: Menat att utvärdera hur en audiell och visuell varning samt ökande av följdistanst på ACC uppfattas vid en repeterande distraktion under L2-körning.

6.3 Resultat från arbetspaket 3

6.3.1 Integrering av externa sensorer och karta

För att skapa sig en så bra uppfattning om omgivningen som möjligt är fordonet bestyckat med fem radar monterade i vardera hörn med en vinkel och en riktad rakt framåt. De hörnmonterade radarena är av så kallad kortdistansmodell. Dessa är anpassade för att ge ett brett synfält, men med en lägre räckvidd, medan den framåtriktade radarn har en längre räckvidd och ett smalare synfält. Detta ger möjlighet att upptäcka andra fordon, fotgängare, strukturer, et cetera. Delvis överlapp i radarens synfält skapar en god bild av omgivningen med minimalt antal döda vinklar. För att bättre kunna skapa sig en uppfattning om vägens utformning, barriärer, trafikskyltar och klassificering av objekt är även en kamera monterad bakom framrutan, vilken har ett horisontellt synfält på totalt 100 grader.



Figur 1 Skiss över fordonets montering och synfält av radar och kamera.

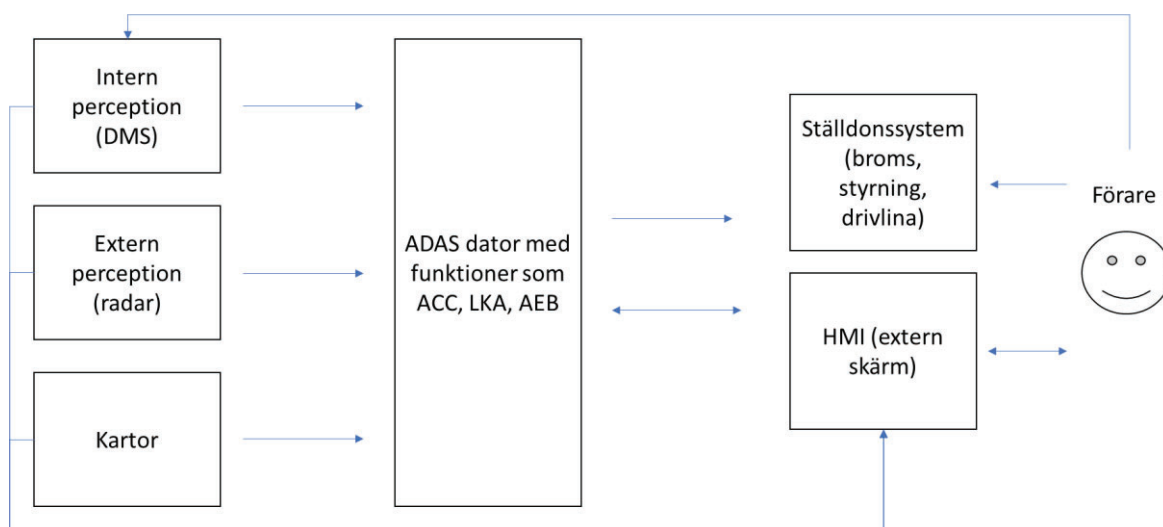
Denna sensoruppsättning är likställd med vad som finns i produktion idag och är en god referens på vad som går att utföra i fordon som är tillgängliga för konsumenter. Utöver dessa sensorer finns det även tillgång till en GPS för lokalisering samt även en karta som kan ge information på distanser utom räckvidd för bilens sensorer, eller beskrivning av scenarion som bilens sensorer kan ha svårigheter att tolka. Även dessa är vanligt förekommande i bilar på marknaden idag för navigationssyften och i mer exklusiva system för manövrering.

Sensorernas rådata processas i ett eller flera steg, och sedan kan data från de olika sensorerna kombineras och spåras över tid så att man skapar sig en god bild av omgivningen och dess kontext med hög konfidens.

Kontextuell information är viktigt för ADAS funktionalitet, då begränsningar är nödvändiga där situationen kräver det, så som vid vägarbete då filmarkeringar kan vara felaktiga, poliskontroller, olyckor och övrigt. Men även i scenarion där man på förhand vet om att systemet ofta har otillräcklig information så som i skymda korsningar eller där vägen saknar filmarkeringar. Med hjälp av denna information kan systemet till exempel på förhand varna föraren om tillfällen längs med vägen då systemet behöver åsidosättas temporärt av föraren.

I projektet har funktionalitet skapats för att denna varning både visualiseras både via HMI samt även via interna varningslampor och ljud i bil. Utöver visuella och auditiva varningar har även tillägg gjorts i systemets laterala och longitudinella förarstöd.

Om lateralt förarstöd är aktivt sätts detta i standby när föraren tagit över kontrollen efter att ha blivit varnad om ett ovan nämnt uppkommande scenario och återaktiveras först när systemet identifierat att det passerat situationen. Vanligtvis finns det ett gränsvärde för vilket moment som krävs att föraren applicerar på ratten innan systemet kopplar ifrån, men när ett specifika scenarion identifieras kan dessa kriterier ändras. Detta för att göra övergången av lateralkontroll mer naturlig och intuitiv för föraren. Även funktionalitet för att ändra beteendet på adaptiv farthållning har uppdaterats med ett ökat följeavstånd till framförvarande fordon, i samband med visuella och auditiva varningar, om det upptäckts att föraren är distraherad och ej längre är tillräckligt uppmärksam på körbanan.



Figur 2 Övergripande systemarkitektur för de tekniska delsystemen i projektets ADAS prototyp.

6.3.2 Integrering av Driver Monitoring System

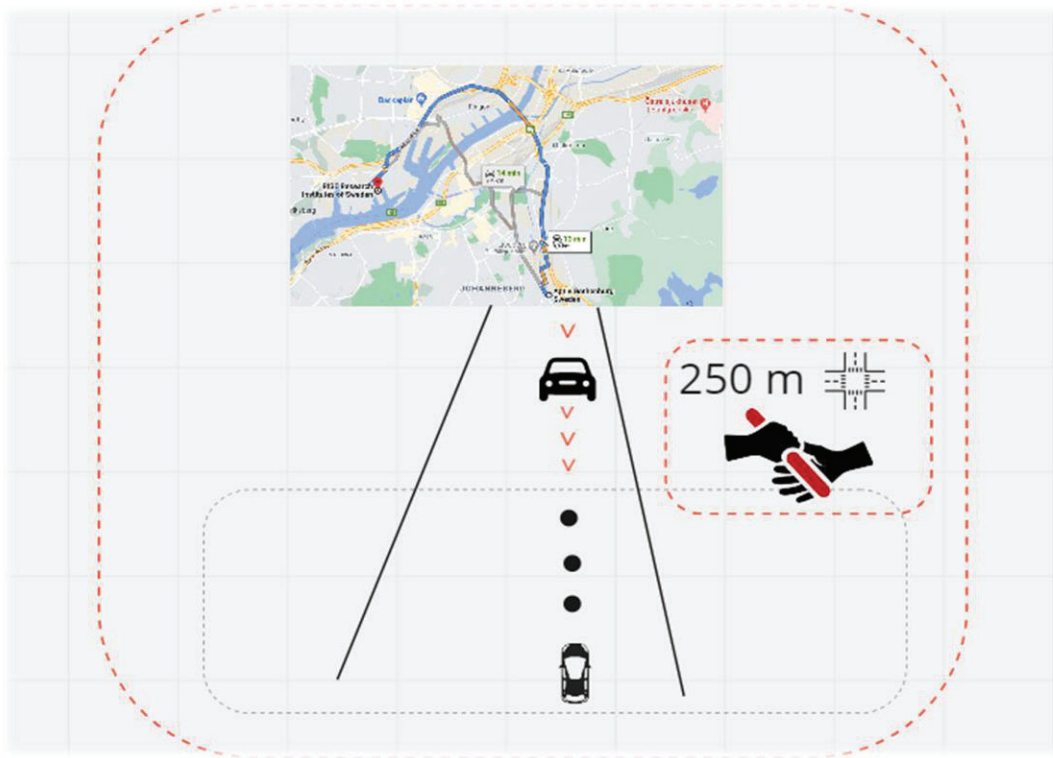
För att läsa av förarens beteende utrustades fordonet med en DMS-kamera (Driver Monitoring System) monterad i instrumentklustret för att få en så bra vy av förarens ögon och ansikte som möjligt. Kameran använder sig av en NIR-sensor som med hjälp av de inbyggda illuminatorerna kan utvinna hög detaljrikhet oberoende av ljusförhållandet i kabinen. Denna placering är i sin helhet den främst rekommenderade när det kommer till produktionssystem och ger därför en god representation av ett sådant.

För detektion av förarbeteende har några algoritmer förbättrats och nytvecklats. Främst har distraktionsalgoritmen gjorts om för att uppfylla de uppkommande kraven från EuroNCAP (<https://cdn.euroncap.com/media/67892/euro-ncap-assessment-protocol-sa-safe-driving-v1001.pdf>), som därmed stödjer Long Distraction och Short Distraction. Utöver detta togs detektionsfunktioner för när föraren tittat i backspeglarna, döda vinkeln samt åt båda riktningar fram, vilka användes som bekräftelsesignaler att föraren hade utfört något eller några av dessa beteenden i speciella trafikscenarion under testerna. Kombinationen av dessa signaler ger en bra helhetsbild av förarens uppmärksamhet och status som i sin tur kan användas som både direktverkande information för ett HMI och för att användas som kontextuell information för att berika beslutstagandet för ett ADAS-system.

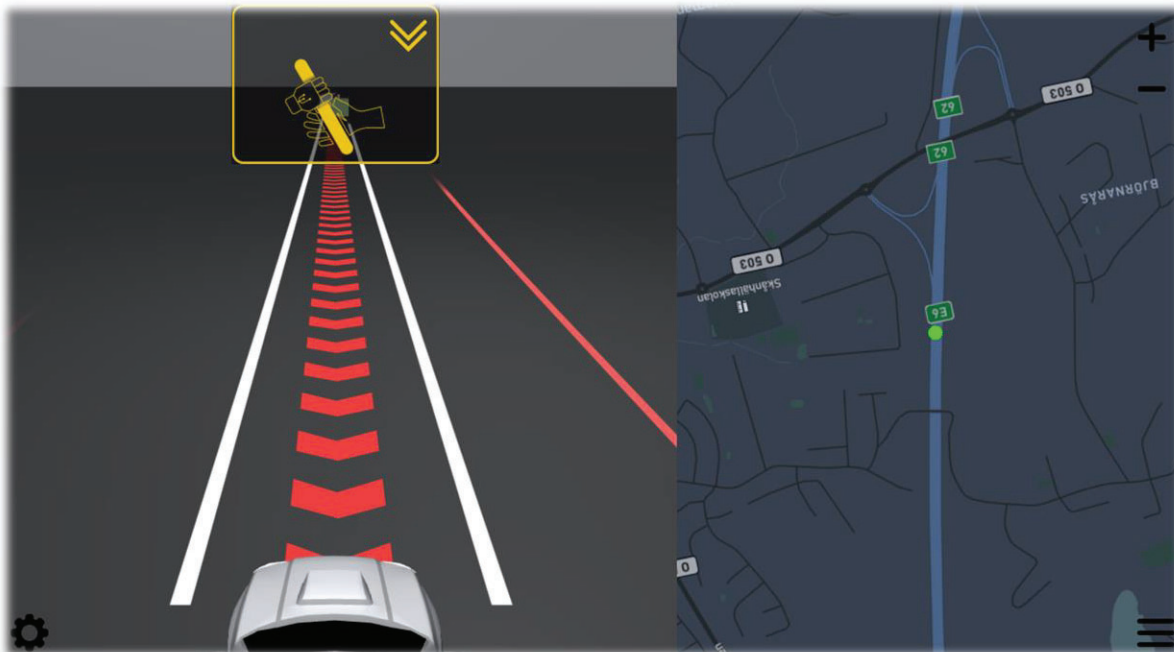
Integrationen av den kontextuella informationen från ADAS-systemet, ämnad för att korrelera förarens blick med externa objekt som exempelvis fordon, valdes att uteslutas då fokus under projektet inriktade sig mot uppfattningen av HMI-information baserat på mer grundläggande och reglerad funktionalitet från DMS-systemet.

6.3.3 Design av HMI

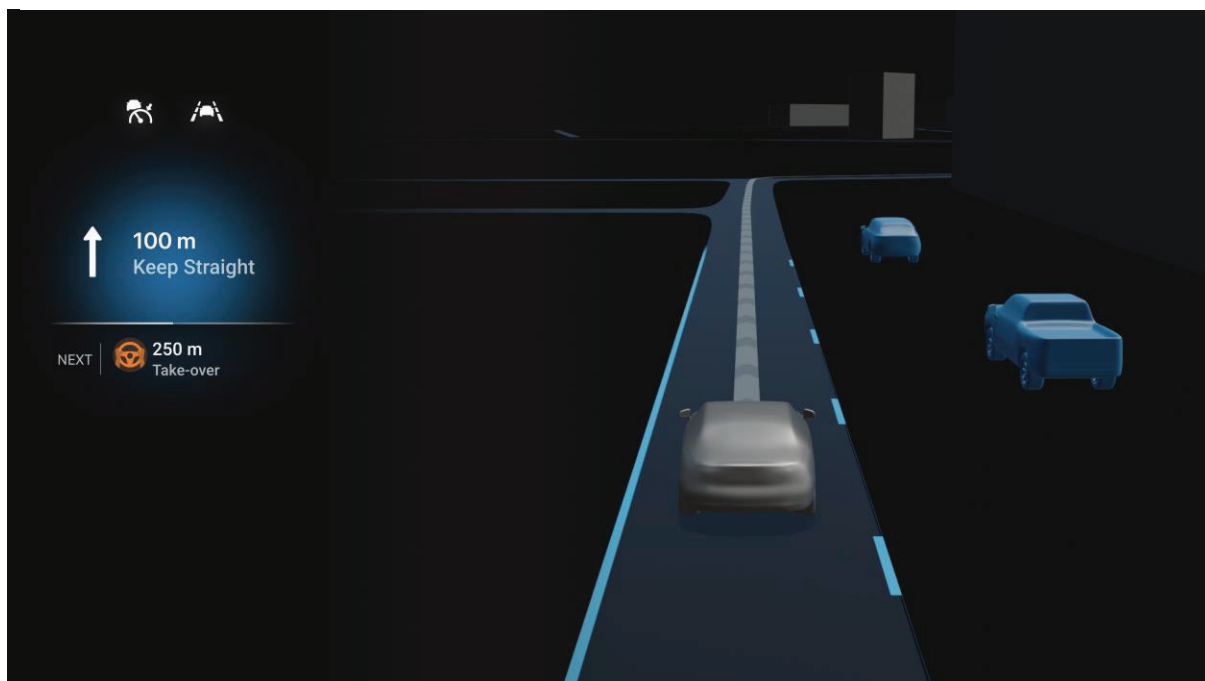
Två avancerade prototyper designades och utvecklades i projektet som sedan utvärderades, i verklig trafik och på testbana. Baserat på resultaten från utvärderingen av prototyp 1 (se HMI för prototyp 1 i figur 4) vidareutvecklades funktionalitet och HMI designen till en andra prototyp där sensorvyn och kartvyn var fullt integrerade (se figur 5). Designarbetet som vidareutvecklade användargränssnittet skedde genom en människocentrerad designprocess där ett par mindre användartester genomfördes iterativt för att säkerställa en framgångsrik slutdesign.



Figur 3 En illustration på gränssnittet som togs fram innan studieiteration 1. Illustrationen visar på ett generellt plan vilka grafiska och funktionella element som skulle finnas i fordon-till-förar-gränssnittet.



Figur 4 HMI med delvis integrerad sensor- och kartvy utvecklat för studie 1. Till vänster visas sensordata (väglinjer, kantlinje, förväntad riktning), och en ikon som visar kommande situation (överlämning vid motorvägsavfart). Till höger visas kartvyn separat.



Figur 5 HMI med integrerad sensor- och kartvy utvecklat för studie 2. Vyn visar information från sensorer (andra objekt) och kartelement (anslutande vägar och byggnader). I vyn visas även ADAS-ikoner och navigeringsinformation tillsammans med kommande situationer.

6.4 Resultat från arbetspaket 4

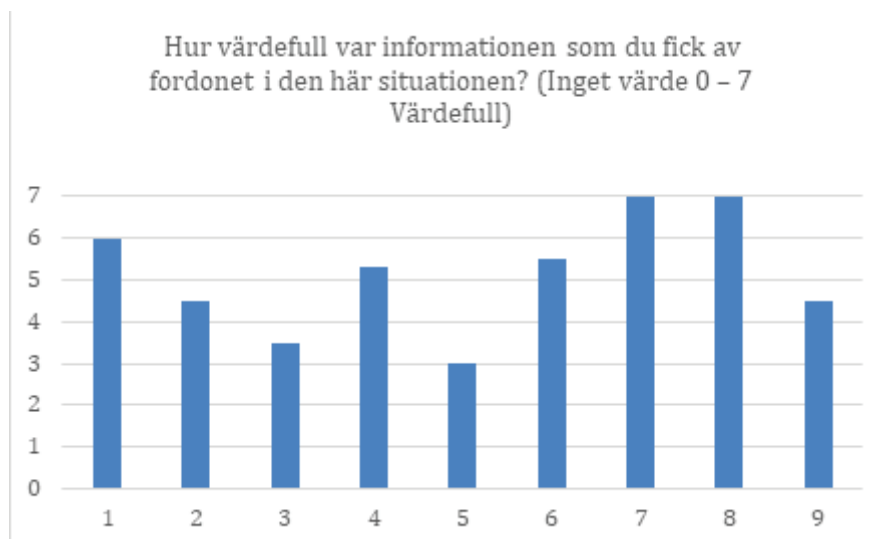
I utvärderingarna som gjorts i projektet har det framförallt varit fokus på kvalitativ data, där alla studier anses som användartester som inkluderat subjektiva frågeformulär och intervjuer. Utvärderingsmetodologin för de huvudstudier (1 & 2) skiljde sig på sådant sätt att den första studien

hade ett större fokus på intervjufrågor, medan den andra studien hade ett större fokus på frågeformulär med skalor. Den första studien behandlades som en designstudie med huvudsakligt mål om att ge vägledning kring vilket innehåll som skulle vidareutvecklas för nästa iteration. Målet med den andra studien var att uppnå en högre statistisk styrka för de formulär som nyttjades i studien, för att huvudsakligen ta reda på vilken effekt prototypen hade på faktorer så som tillit och upplevd situationsmedvetenhet.

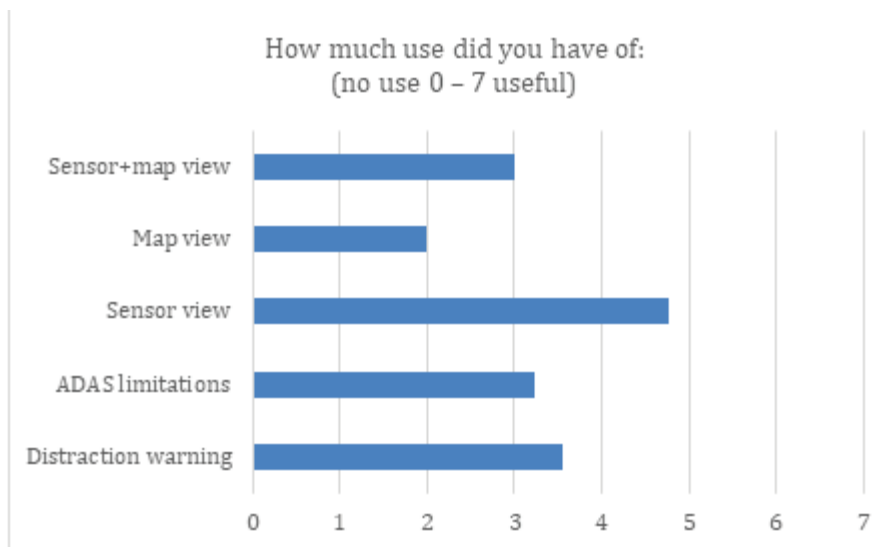
6.5 Resultat från arbetspaket 5 & 6

6.5.1 Studie 1 - Providing contextual information about ADAS limitations in real-time through a driver vehicle interface

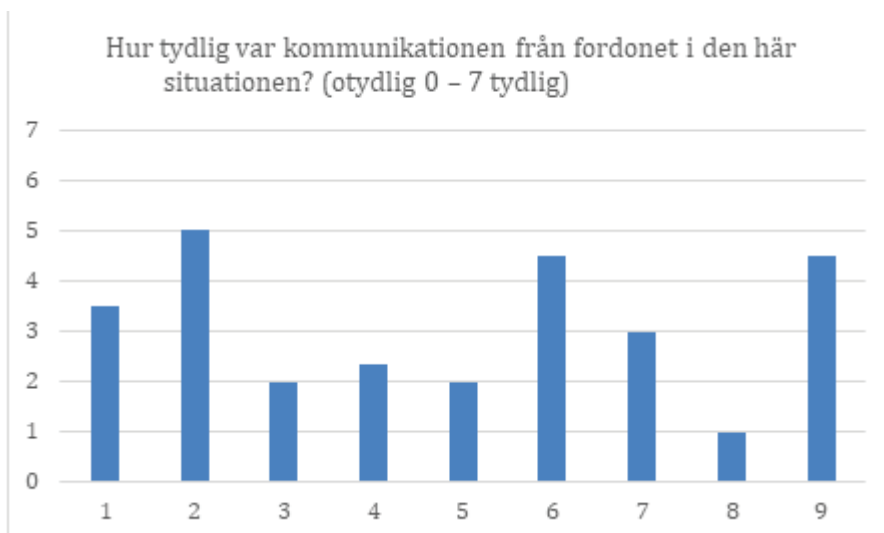
Den här studien syftade till att adressera minskad användning av ADAS genom att förbättra funktionaliteten huvudsakligen genom att ge föraren mer insyn i hur det tekniska systemet uppfattade sin omgivning, samt vilka situationer som var utanför det tekniska systemets förmåga att hantera. Ett fordon-till-förare gränssnitt utformades med funktioner för att 1) visa vad fordonet uppfattar i kombination med information från vägkartan, 2) informera föraren om begränsningar i fordonets ADAS i realtid och i förhållande till den omgivande miljön, och 3) varna föraren om han eller hon är ouppmärksam. Nio deltagare upplevde gränssnittet under körning på allmän väg och gav feedback under och efter körningen. Resultaten från studien visar att deltagarna såg ett värde i att ha den här funktionaliteten, framförallt att kunna se sensorvyn som speglar vad fordonet ser, men att utformningen kunde gjorts bättre då kommunikationen ansågs otydlig.



Figur 6 Diagram över varje deltagares medelpoäng (x-axeln) på nyttan (y-axeln) av kommunikationen från fordonets gränssnitt i scenarier där ADAS informerade om att det inte kommer att ge att det inte kommer att ge någon hjälp på grund av en begränsning i systeme



Figur 7 Diagram över alla deltagares medelpoäng på nyttan (x-axeln) av olika funktioner i fordon-till-förar-gränssnittet (y-axeln).



Figur 8 Diagram över varje deltagares medelpoäng (x-axeln) på effektiviteten (y-axeln) av kommunikationen från fordonets gränssnitt i scenarier där ADAS informerade om att det inte kommer att ge någon assistans på grund av begränsningar i systemet.

6.5.2 Studie 2 – Utvärdering av förstärkt ADAS på testbana *Proving ground evaluation of enhanced ADAS: Visualized sensor data merged with map data*

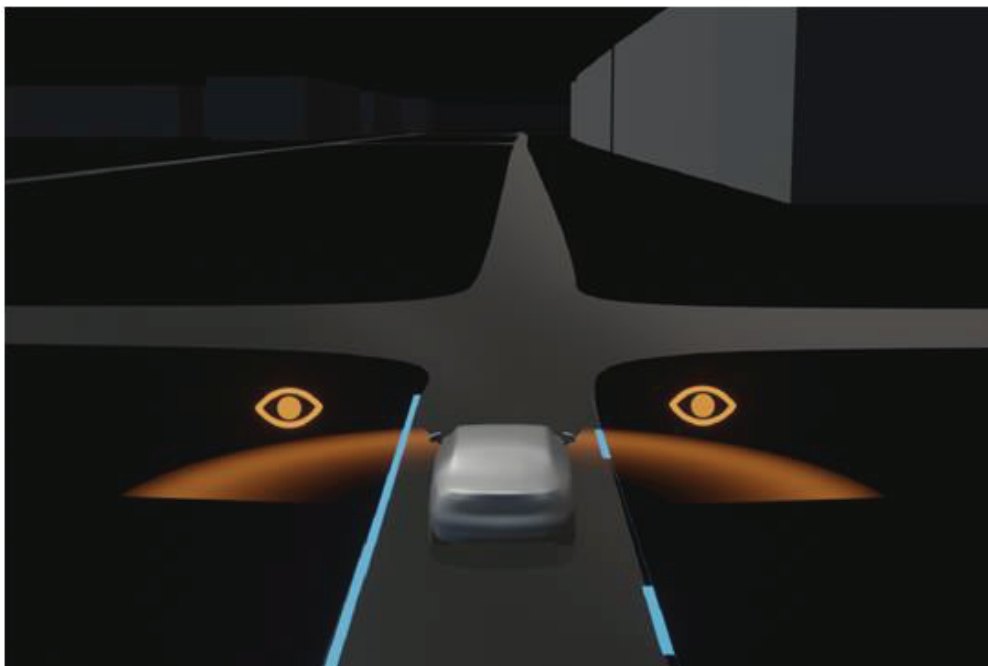
Avancerade förarassistanssystem (ADAS) utvecklas för att öka säkerheten och ge en effektivare och bekvämare upplevelse vid resa med bil. ADAS är beroende av sensorer för att ge föraren den avsedda hjälpen, och föraren är beroende av ett gränssnitt för att interagera med funktionen. Ett problem för förarna är deras förtroende (dvs. över- och underförtroende) för systemet och deras situationsmedvetenhet när de kör med stödet. En ADAS prototyp med ett förargränssnitt och nya ADAS-funktioner, utvecklades och utvärderades sedan på en testbana. Prototypen innehöll ett grafiskt gränssnitt där kartdata slogs samman med sensordata från bilen. Den sammanslagna vyn utformades så att föraren kunde vara medveten om vad ADAS-systemets sensorer kunde se (t.ex. andra bilar) i förhållande till den väg de körde. Tanken bakom utformningen var att visualisering av sensordata ökar förståelsen för ADAS-funktionen, vilket sedan skulle påverka förtroendet och situationsmedvetenheten positivt. Dessutom skulle förarens distraktion som mäts med ögonspårning kunna åsidosätta vissa förarinställningar i ADAS (exempelvis tidsavståndet till framförvarande bil).

Utvärderingen av den fullständiga prototypen genomfördes med 24 deltagare (13 män och 11 kvinnor) med en medelålder på 42 år (std 15,9) som körde en Lincoln MKZ utrustad med longitudinellt och lateralt ADAS-stöd (motsvarande SAE nivå 2) på testbanan AstaZero. Totalt körde deltagarna fyra varv. Det första för att bekanta sig med bilen, en baslinjekörning, ett varv för användningsfall rörande blickbeteende, samt ett varv för användningsfall för aktiv ADAS-funktionalitet. Användningsfallen för blickbeteende spårade blicken hos föraren för att säkerställa att föraren tittat i den döda vinkeln, samt vid en korsning för att säkerställa ett säkert blickbeteende (1a & 1b). Prototypen stöttade föraren att göra rätt i dessa fall. Användningsfallet för aktiv ADAS-funktionalitet omfattade att systemet kunde åsidosätta tidsavståndsställningen för det longitudinella kontrollsystemet och därmed ge föraren mer tid att reagera då funktionen utlöstes av distraktion hos föraren, samt ett system som varnade föraren för kommande situationer (t.ex. vägarbete) där de longitudinella och laterala assistanssystemen inte längre kunde stödja föraren (funktionell begränsning i systemet) (2a & 2b).

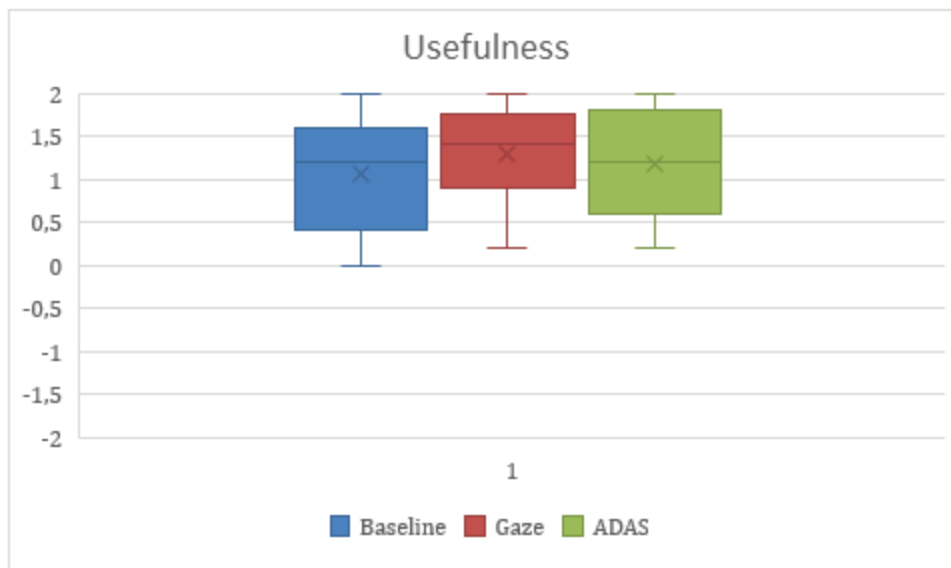
Följande mått: tillit ("Hur mycket litar du på systemet?"), upplevd situationsmedvetenhet ("Förarstödssystemet hjälpte mig att förstå min omgivning bättre"), övertygelse ("Jag är övertygad om att förarstödssystem bör fungera på det här sättet"), effektivitet ("Hur tydligt var förarstödssystemet i sin kommunikation till dig kring vad den såg och gjorde?"), användbarhet (Van Der Laan-skalan), tillfredsställelse (Van Der Laan-skalan) och arbetsbelastning (NASA-TLX skalan) utvärderades sedan i förhållande till användningsfallen.



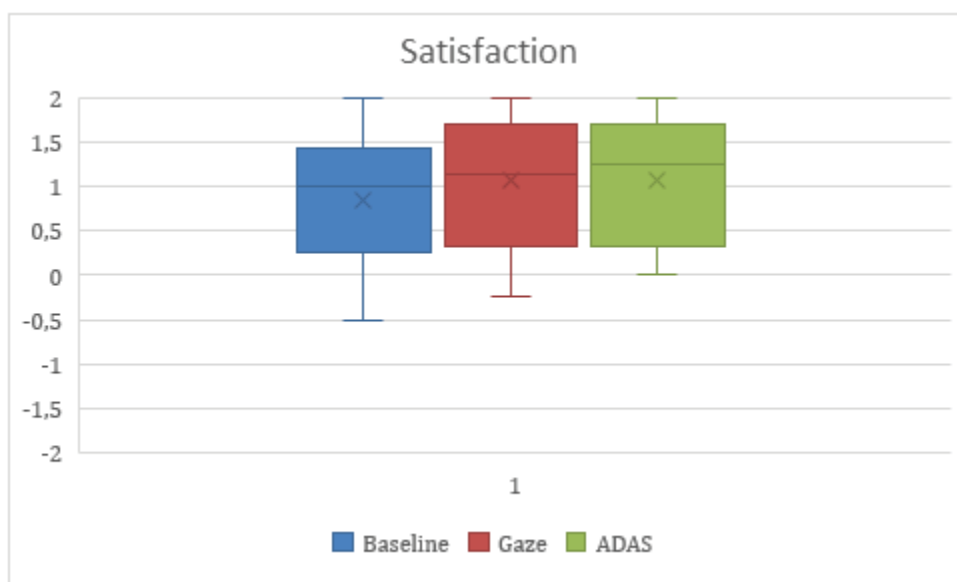
Figur 9 Satellitbild över testbanan AstaZero där den röda slingan representerar ett varv av körningen i studien. Användarfallens placeringar är utskrivna enligt 1a, 1b, 2a, 2b, men notera att 1a och 1b kördes i blickbeteende-varvet och 2a och 2b i ADAS-varvet.



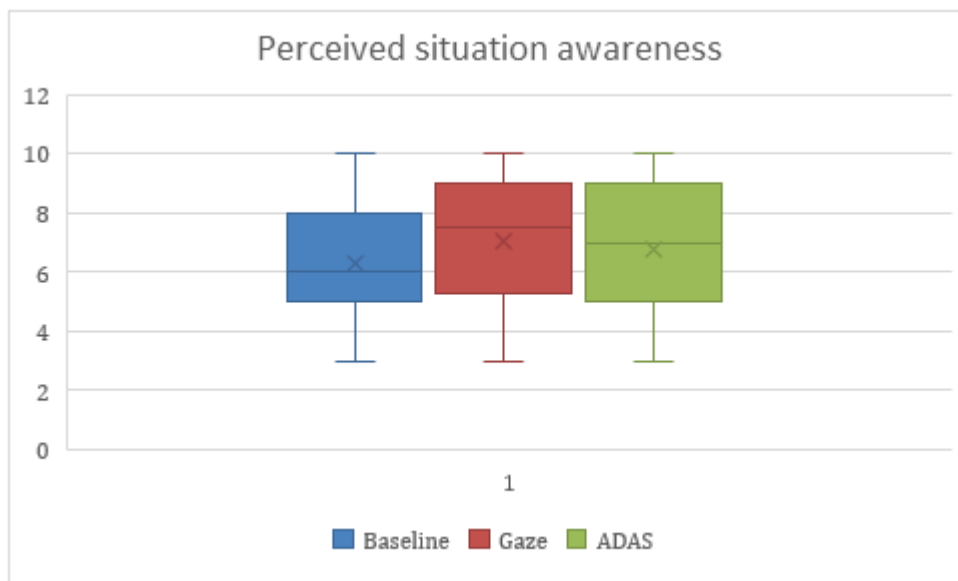
Figur 10 scenario 1a där gränssnittet inför korsning uppmanar föraren att hålla uppsikt. När korrekt beteende var utfört släcktes de orangea elementen i gränssnittet.



Figur 11 Diagrammet visar poängresultat på Van Der Laan skalan inom delskalan 'Usefulness' där blickbeteende-varvet skiljer sig från baslinje-varvet med en högre medelpoäng (ensidigt T-test p 0,042), medan ADAS-varvet och baslinje-varvet inte har någon märkbar skillnad.



Figur 12 Resultat från den andra dimensionen av Van Der Laan skalan som är 'Satisfaction' visar en skillnad i medelvärde mellan både blickbeteende-varvet och baslinje-varvet (ensidigt T-test: p 0,036), samt ADAS-varvet och baslinjevarvet (ensidigt T-test: p 0,041), där baslinjevarvet i båda fallen fått en lägre medelpoäng.



Figur 13 Deltagare svarade på frågan "Förarstödssystemet hjälpte mig att förstå min omgivning bättre (1-inte alls och 10-helt)" enligt följande diagram. Blickbeteende-varvet och baslinjevarvet uppvisar en skillnad i medelvärde (ensidigt T-test: $p = 0,056$), medan skillnaden i medelvärde mellan baslinjevarvet och ADAS-varvet skiljer sig mindre.

I övriga mått som inkluderar tillit, effektivitet, övertygelse och arbetsbelastning fanns det inga märkvärdiga skillnader mellan varven.

En preliminär analys av data tyder därmed på att gränssnittet inklusive vissa funktioner ansågs användbara och tillfredställande av deltagarna i studien, och för det andra att funktionerna som utvärderats kan utforskas ytterligare, eftersom de accepterades av deltagarna i studien och ansågs ge en något högre upplevd situationsmedvetenhet.

6.5.3 Examensarbete - Designing HMIs for Advanced Driver-Assistance Systems

Ett examensarbete har utförts i projektet i tre faser: en litteraturstudie, en intervjustudie och ett designexperiment.

6.5.3.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie utfördes som fann att ADAS kan ha en negativ inverkan genom att minska förarens lägesmedvetenhet, vilket i sin tur påverkar körsäkerheten negativt. Ett antal riktlinjer identifierades för att minska riskerna för den här effekten. Riktlinjerna kategoriserades enligt följande: 1. Förbättra lägesmedvetenhet, 2. Stötta i att ge föraren en korrekt uppfattning (mental modell) av det tekniska systemet, samt 3. Förbättra fordonets aktivering och inaktivering av ADAS. 7-13 mer detaljerade riktlinjer identifierades inom varje kategori.

6.5.3.2 Intervjustudie

En intervju studie utfördes som undersökte fem olika körsituationer där fordonet behövde inaktivera ADAS, för att få en förståelse för förarens krav på information från det tekniska systemet i dessa situationer:

- Påfart till motorväg
- Avfart från motorväg
- Inför filbyte
- Inför rondell
- Inför korsning

Sex personer deltog i studien där de fick titta på korta videor för varje situation, och där videon pausades i slutet för att tillåta deltagaren ge svar kring vilka objekt i omgivningen som de är vaksamma om för att fortsätta i trafiksituationen. Dessa objekt utgjorde kraven på information för en grundläggande lägesmedvetenhet. Deltagarna fick sedan bestämma vad objekten i den simulerade trafiksituationen betydde för dem och objektets relevans för säkerhet, detta utgjorde en nästa nivå av lägesmedvetenhet.

Det viktigaste resultatet från studien är att informationskraven varierar för varje körsituation. Detta innebär att HMI behöver anpassas för varje körsituation för att bevara förarens lägesmedvetenhet.

6.5.3.3 Designexperiment

Ytterligare en utvärdering gjordes inom ramen för examensarbetet där fokus var på att undersöka om det designade HMI:t 1. Förbättrade lägesmedvetenhet jämfört med baslinje, 2. Förbättrade mentala modeller av systemet hos föraren jämfört med baslinje, 3. Bidrog till en förbättrad förståelse för systemet. 20 deltagare instruerades att titta på videor från två körsituationer (1. Inför korsning och 2. Inför filbyte) och få information från ett HMI vid sidan av. Två olika HMI upplevdes av deltagarna, där ena byggdes på insikterna från de tidigare studierna i arbetet (HMI A), och där det andra användes som en baslinje (HMI B). Resultaten visade att:

- Deltagarnas reaktion på inaktivering av ADAS förbättrades med HMI A.
- Ingen signifikant skillnad upptäcktes i förarnas lägesmedvetenhet med HMI A.
- Deltagarna hade en signifikant förbättrad mental modell över systemets inaktivering med HMI A.
- Information i HMI A ansågs ibland upprepande eller överflödigt
- Sensordata tillsammans med kartdata i samma vy, kan leda till inkorrekt mental modell för radarsensorers förmåga, då föraren inte kan urskilja vilken information i vyn som kommer från sensordata och kartdata.



Figur 14 HMI A (vänster) och HMI B (höger).

7 Resultat med relevans för FFI och TSA

7.1 FFI

Projektet är i linje med FFI:s övergripande mål:

- **Öka den svenska kapaciteten för forskning och innovation och därigenom säkerställa att konkurrenskraft och arbetstillfällen inom fordonsindustrin.** Genom att generera kunskap om nästa generations ADAS har projektet hjälpt de svenska intressenterna att förbli konkurrenskraftiga på detta område.
- **Utveckling av internationellt sammankopplad och konkurrenskraftig forskning och innovationsmiljöer i Sverige.** Alla projektpartner har starka nationella och internationella nätverk inom industrin och den akademiska världen, som vi kommer att använda för att sprida resultat samt för att samarbeta med dessa universitet.
- **Främja små och medelstora företags deltagande.** Projektet främjar följande samarbete mellan ett stort (Aptiv) och ett medelstort företag (Smart Eye).
- **Kunskaps- och kompetensutveckling vid forskningsinstitut och företag.** Projektet stärker RISE världsledande kompetens när det gäller att utforma och utvärdera användaraspekter av ny fordonsteknik. Forskningsresultaten från detta projekt kommer att användas direkt i svensk industri - ett av RISE:s huvuduppdrag.
- **Främjande av samarbete mellan industri, universitet och högre utbildning institutioner.** Projektet har haft direkt samarbete mellan industri, forskningsinstitut och den akademiska

världen genom att engagera en masteruppsatsstudent i projektet, samt genom deltagande i studenters projektarbeten med en intervju.

- **Främja samarbete mellan olika OEM-företag.** På grund av de rådande ekonomiska omständigheterna har fordonstillverkarna inte deltagit direkt i detta projekt. För att se till att de kan ta del av resultaten har vi knytit projektet till SAFER och kommer att dela resultaten med dess partners.

7.2 Trafiksäker Automatisering

FFI-programmet Trafiksäkerhet och Automatiserade Fordon har Nollvisionen som huvudfokus, samt att öka automatiseringsgraden i transportsystemet där fordon "interagerar med och anpassar sig till föraren, trafiksituationen, infrastruktur, andra trafikanter och fordon". Detta projekt har tagit med båda aspekterna genom att integrera nya informationskällor i befintliga ADAS för bättre hotbedömning och säkerhet samt ökad automatisering där ADAS kan ta säkerhetskritiska beslut som exempelvis att öka avståndet till framförvarande fordon i samband med förarens distraktion.

Programområde D - Förarstöd och relaterade gränssnitt mellan förare och fordon samt gränssnitt med medtrafikanter och Programområde E - Intelligent och krockundvikande system och fordon. Detta projekt är inriktat på att öka funktionaliteten hos befintliga ADAS- och, att utveckla och utvärdera lämpliga metoder för användarinteraktion. Vi har undersökt användningen av dynamiska multimodala strategier för interaktion mellan förare och fordon med HMI, t.ex. som skärmar och ljud. Situationer som kräver olika typer av interaktion med förarna. Vi har i projektet identifierat användarfall där förbättrad ADAS och dynamiskt HMI kan ge föraren förhandsinformation innan riskfulla situationer uppstår, samt som kan agera på egen hand när en riskfull situation uppstår.

8 Spridning och publicering

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Kunskapsspridning på vetenskapliga konferenser samt genom Safer (Vehicle and traffic safety centre at Chalmers) där vi nått ut till svensk fordonsindustri och akademi.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Kunskapen och resultaten tas med in i det Vinnova-finansierade fortsättningsprojektet Enhanced ADAS II.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Delar av den utvecklade funktionaliteten från Smart Eye och Aptiv har förts vidare för att vidareutvecklas och testas i interna produktionsprojekt.
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut	X	Projektresultat har kommunicerats in i EuroNCAP OMS och ISO TC 22/SC 39 (Road vehicle ergonomics technical subcommittee).

8.1 Kunskaps- och resultatspridning

- Studie "Providing contextual information about ADAS limitations in real time through a driver vehicle interface" har presenterats på Europe Chapter of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Conference (2022). Publiken bestod av Human Factors forskare. April 20, 2022. (<https://www.hfes-europe.org/wp-content/uploads/2014/05/programme2022.pdf>)
- Studie "Proving ground evaluation of enhanced ADAS: Visualized sensor data merged with map data" väntar svar för presentation från International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2023).

- OmAD nyhetsbrevet har skrivit om projektet som når 1600 prenumeranter i Sverige (<https://omad.tech/guldkorn-fran-svensk-forskning-2021/>)
- Arbetet med distraktionsalgoritmerna i DMS-systemet inom projektet har bidragit med data och insikter för EuroNCAP's Safe Driving-protokoll (<https://cdn.euroncap.com/media/67892/euro-ncap-assessment-protocol-sa-safe-driving-v1001.pdf>) för att säkerställa rimlig kravställning och testbarhet av systemen.
- Projektet har presenterats och associerats till SAFER och Road User Behavior gruppen på SAFER i början av projektet.
- Projektet har presenterats på SAFER årssammanfattning 2022.
- Projektet har presenterats på ett RISE företagsintern konferens med en publik på 15-20 forskare inom maskininlärning och human factors.
- Projektresultat har presenterats i samband med försvar av examensarbete inför fakultetsmedlemmar på Chalmers, andra studenter på Chalmers och övriga intressenter.
- Projektresultat har kommunicerats i ISO TC 22/SC 39 (Road vehicle ergonomics technical subcommittee).

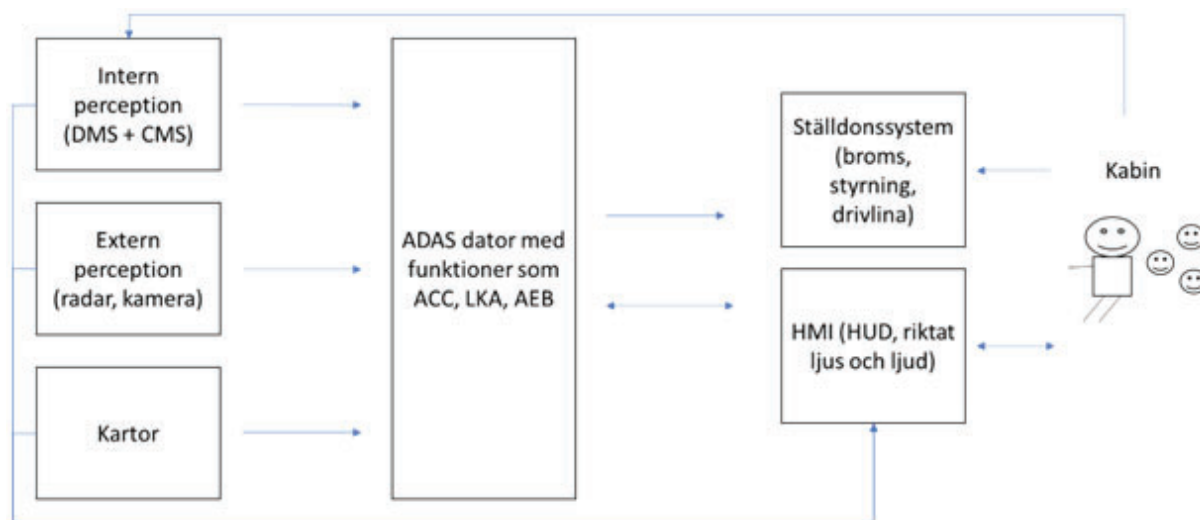
8.2 Publikationer

- Rizgary, D., Strand, N., & Andersson, J. *Proving ground evaluation of enhanced ADAS: guiding gaze behavior and improving hand-overs*. Manuskript under beredning för vetenskaplig tidskrift.
- Brandt, V., Rizgary, D., & Strand, N. *Enhanced ADAS: Driver Awareness in Automated Driving Contexts*. Manuskript under beredning för vetenskaplig tidskrift.
- Rizgary, D., Strand, N., & Andersson, J. *Providing contextual information about ADAS limitations in real time through a driver vehicle interface*. Europe Chapter of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Conference (2022) Poster (<https://www.hfes-europe.org/wp-content/uploads/2022/04/PosterDabanRizgary2022.pdf>).
- Aghaei, A. *Designing HMI for Advanced Driver-Assistance Systems*. Examensarbete för masterexamen (<https://odr.chalmers.se/items/0e138373-e4d1-4e24-829d-d5ead0fd8569>).

9 Slutsatser och fortsatt forskning

Syftet med det här projektet var att utforska hur man kan öka acceptansen för ADAS genom att nyttja förbättrade och mer dynamiska funktioner, dynamiska med avseende på hur de anpassas inför nya situationer. Detta möjliggörs med integration av existerande datakällor och genom att lägga till fler datakällor som berikar fordonets uppfattning av omgivningen. Det utfördes två huvudsakliga iterationer i projektet som båda ledde till två huvudsakliga försökstudier. Med kunskapen som byggdes i projektet utformades en fungerande prototyp, vilket nyttjades för utvärderingarna. Resultaten från utvärderingarna tyder på att det finns värde i att fortsätta undersöka förbättrad ADAS med en strävan för att lägga till fler relevanta datakällor och integrera information från datakällorna. I följdprojektet *Förstärkt ADAS II* (diarienummer 2022-01645) kommer konsortiet att utforska fler strategier för att öka acceptansen av ADAS med bl.a hjälp av en utökning av förarbevakning till kabinbevakning, samt med

ett mer dynamiskt och multimodalt HMI där föraren kan få riktade ljud/ljus-signaler beroende på vart i den externa miljön som information kritisk för körning uppstår.



Figur 15 En övergripande systemarkitektur som visar de datakällor och andra delsystem relevanta för fortsättningsprojektet Förstärkt ADAS II. Jämför med figur 2 för att se skillnaden på detta projektet och fortsättningsprojektet.

10 Deltagande parter och kontaktpersoner

RISE, Research Institutes of Sweden

Niklas Strand, niklas.strand@ri.se, 070 917 42 03

Aptiv Contract Services Sweden AB

Joachim Rukin, joachim.rukin@aptiv.com, 076 835 94 41

Smart Eye

Henrik Lind, henrik.lind@smarteye.se, 070 844 48 98

**RI.
SE**



• **A P T I V** •

