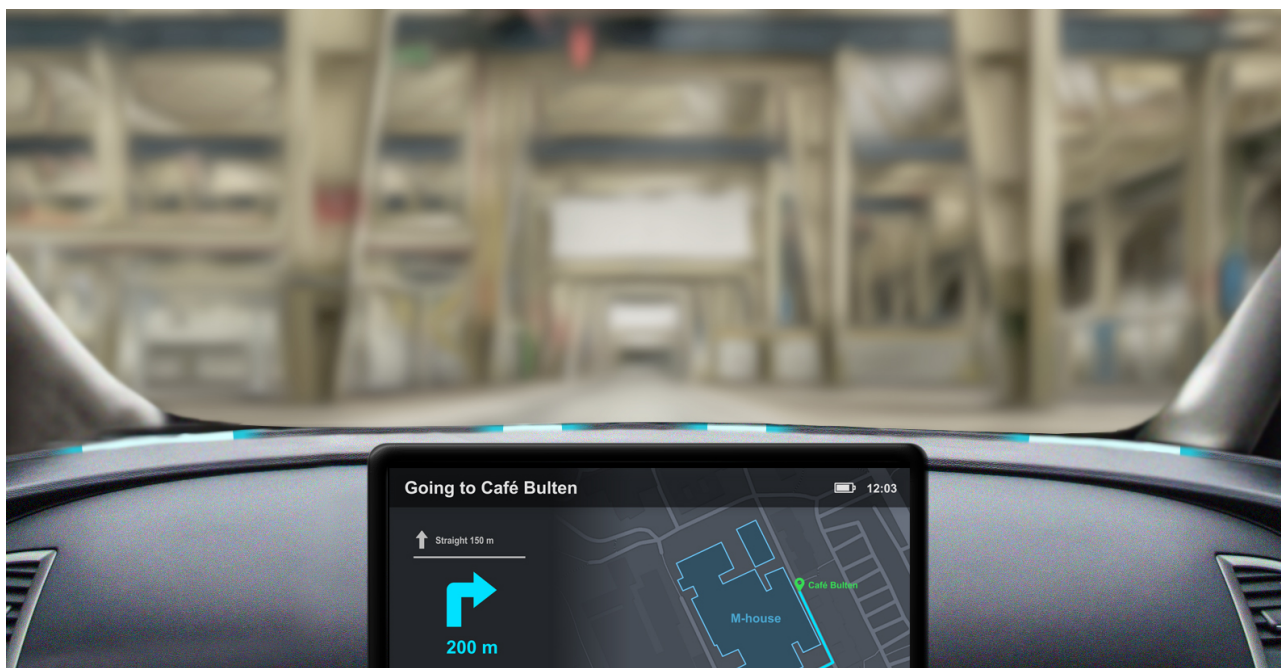




CHALMERS



Design av interaktion för ett autonomt fordon

Med avseende på internttransport i fabriksområde

Kandidatarbete inom Teknisk Design

WILLIAM BJÖERSDORFF, JULIUS BUNG TIDBLOM, CHRISTINA GÖTHBERG, MATTIAS NILSSON, CAROLINA NORDIN & LISA ROTH

DESIGN AV INTERAKTION FÖR ETT AUTONOMT FORDON

Med avseende på internttransport i fabriksområde

William Bjöersdorff
Julius Bung Tidblom
Christina Göthberg
Mattias Nilsson
Carolina Nordin
Lisa Rooth

Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers Tekniska Högskola, 2019

Design av interaktion för ett autonomt fordon

Med avseende på internttransport i fabriksområden

© William Bjöersdorff, Julius Bung Tidblom, Christina Göthberg, Mattias Nilsson,
Carolina Nordin, Lisa Rooth

Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg, Sverige
Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslag: William Bjöersdorff & Mattias Nilsson
Tryck: Reproservice Chalmers, Göteborg, Sverige 2019

FÖRORD

Rapporten redogör för kandidatarbetet "Design av interaktionen för ett autonomt fordon med avseende på intertransport i fabriksområde" på institutionen för industri- och materialvetenskap vid Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet genomfördes av sex studenter från civilingenjörsprogrammet Teknisk Design med uppdragsgivare Knut Åkesson för institutionen för Elektroteknik.

Flera företag har stöttat oss i processen och lärt oss mycket, vi vill därför tacka SKF, Volvo group och Zenuity. Speciellt vill vi tacka de personer som möjliggjort projektet genom sitt arbete; tack till Knut Åkesson, Andreas Dagman, Lars-Ola Bligård och vår fantastiska handledare; Mikael Johansson.

Vi vill också passa på att tacka de personer vi fått intervjua och de som deltagit på olika tester och observationer för deras ovärderliga insikter som hjälpt oss driva arbetet framåt.

SAMMANFATTNING

Idag finns många obesvarade frågor kring hur autonoma fordon kommer att påverka samhället. Detta beror delvis på att tekniken inte är fullt utvecklad men också på att ingen riktigt vet hur fordonens algoritmer ska fungera och fatta beslut. I kontrollerade miljöer, som fabriker, finns det tillgänglig teknik eftersom de kan ta hjälp av externa informationsdon för att navigera. Här identifierade uppdragsgivaren en plats för det autonoma fordonet, som internt transport för personal inom fabriksområden.

Under 2017 köpte institutionen för elektroteknik in en Renault Twizy i syfte att erbjuda en utvecklingsplattform för studenter att experimentera med autonoma fordon. Fordonet är idag autonomt till en viss grad men saknar ett koncept för interaktionen. Studien syftar till att genom användar- och litteraturstudier ta fram en kravspecifikation och ett koncept för interaktionen mellan ett autonomt fordon, dess passagerare och medtrafikanter i ett fabriksområde.

Studien resulterade i ett koncept för interaktionen och underlag för framtida implementering på fordonet. Konceptet LEDWAY består av två delar, dels LED-slingor som är placerad runt fordonets kaross och inuti längs vindrutan samt en interaktiv touchdisplay på fordonets instrumentbräda. LED-slingorna indikerar fordonets intentioner genom olika ljus-animationer och den interaktiva skärmen möjliggör val av resmål och en överblick av färdströmmen.

ABSTRACT

Today, the uncertainty concerning the societal impact of autonomous vehicles is unknown. It is partly due to the fact that the technology is not fully developed but also because of the uncertainty regarding the algorithms that control how the vehicles work and how they should function and make decisions. However, in controlled environments such as industrial, there is available technology since the vehicle can navigate with help from external information. This is where our employer identified an opportunity for the autonomous vehicle, as internal transport for employees in industrial areas.

In 2017, the Department of Electrical Engineering purchased a *Renault Twizy* in order to offer a development platform for students to experiment with autonomous vehicles. The vehicle is autonomous to a certain degree today but lacks a concept for the interaction. The study aims to produce a requirement specification and a concept for the interaction between an autonomous vehicle, its passengers and surrounding users in a factory environment through user- and literature studies.

The study resulted in a concept for the interaction and guidelines the future implementation of the concept on the vehicle. The concept is called LEDWAY and it consists of two parts, LED-strips and a touchscreen. Strips of LED lights are located around the body of the vehicle and inside by the windshield. The interactive display is located on the vehicle's dashboard. The LED-strips indicate the vehicle's intentions through various light animations and the interactive screen enables destination selection and an overview of the driving route.

EXECUTIVE SUMMARY

Större fabriker kan liknas vid mindre samhällen med ytor som inte lämpar sig för gång. Företag implementerar därför taxifordon för att transportera anställda. I dagsläget används vanliga, manuella fordon med en chaufför vilket medför anställningskostnader och begränsar tjänstens flexibilitet.

I syfte att minska dessa kostnader och öka effektiviteten investerar företag kraftigt i automatisering inom produktion. Enligt en rapport av *Allied Market Research* kommer den globala marknaden för automatisering växa alltmer under 2017-2025 (*Allied Market Research*, 2018). Att automatisera även intern transport faller sig naturligt; fordonen behöver inte ta rast, de kan kommunicera med andra autonoma fordon effektivt, de vill inte ha någon lön och vid god implementering blir det även ett säkrare transportalternativ.

Institutionen för elektroteknik på Chalmers Tekniska Högskola köpte 2017 in en tvåsitsig elbil modell Renault Twizy i syfte låta studenter och forskare använda den som en utvecklingsplattform för projekt med koppling till autonoma fordon. Bilen hade i början av 2019 autonom funktionalitet men inkluderade endast ursprungligt användargränssnitt gentemot passagerare och medtrafikanter. Uppdraget gavs av institutionen för Elektroteknik och ställde huvudsakligen krav på utvecklandet av en prototyp för en instrumentpanel och medföljande kravspecifikation. Resultatet ska agera som ett underlag för kommande projekt och implementering.

Rapporten bygger på en kombination av empiriska och teoretiska studier. Observationer och intervjuer har utförts vid sidan av litteraturstudier. Genom studierna har en kravbild tagits fram som sedan legat till grund för ett omfattande idégenereringsarbete vilket resulterat i olika koncept. Koncepten har värderats mot kravbilden och utvecklats genom ytterligare användarstudier till ett koncept. Konceptet verifierades med hjälp av användartester vilket genererade en grund för vidareutveckling till ett slutkoncept.

Utifrån den teoretiska och empiriska studien identifierades viktiga aspekter att ta hänsyn till vid utveckling av autonom internttransport; tillit och acceptans, transportvanor, interna taxitjänster inställning till autonoma fordon, interna trafikregler och miljön i fabriksområden. Vad det gäller tillit och acceptans samt inställning till automation är det viktigt att designa för att skapa förutsättning för användaren att bygga upp tillit. Vad det gäller interna trafikregler, och miljön variera dessa mellan olika företag och områden. Lösningen kan därför behöva anpassas utefter det.

Projektets slutkoncept heter LEDWAY och är för både fordonets insida och utsida. Konceptet bygger på användandet av en LED-slinga då denna visar fordonets intentioner mot medtrafikanter och fordonets passagerare på ett effektivt men diskret sätt som lämpar sig för miljön. De intentioner som fordonet visar är: vänta på passagerares in- och utgång till/från fordon, acceleration, retardation, sväng, tvärbroms och indikation av hinder. Signalerna visas med turkost, *selective yellow* och vitt, färger som inte har starka associationer till andra trafiksituationer.

I kombination med LED-slingan finns en touchdisplay där användarna kan ange sin destination och se information om resan under färden. På den visas även kompletterande information om fordonets föregående och kommande intentioner.

LEDWAY har god potential att appliceras som informationsdon till en autonom interntaxi. Lösningförslaget hade inneburit en effektiv interntransport på fabriksområden vilket kan innebära högre produktivitet och lägre personalkostnader. Lösningen kan också bidra till utveckling av andra autonoma lösningar. För vidareutveckling är aspekter som logistik kring en taxiservice, anpassning av signaler till aktuell miljö och lämplig passagerarkapacitet viktigt att undersöka.

INNEHÅLL

01 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Projektets utgångspunkt	2
1.3 Syfte och mål	3
1.4 Leverabler	3
1.5 Projektspecifika krav	3
1.6 Orientering	4
02 SLUTRESULTAT	7
2.1 LEDWAY	7
2.2 LED-slinga LEDWAY	7
2.3 Display LEDWAY	9
03 AUTONOM INTERNTRANSPORT SOM SYSTEM	11
3.1 System: Interaktion med autonomt fordon	11
3.2 Användare	12
3.3 Kontrollerad miljö	12
3.4 Användarscenario	12
04 TEORI	15
4.1 Autonoma fordon	15
4.2 Kognitiv ergonomi	17
4.3 Usability	18
4.4 Tillit och acceptans	20
4.5 Kommunikation i trafiken	22
05 METODBESKRIVNINGAR	25
06 GENOMFÖRANDE	29
6.1 Teoretisk och empirisk studie	29
6.2 Kravspecifikation	30
6.3 Idégenerering och konceptutveckling	31
6.4 Konceptutvärdering	34
6.5 Konceptverifiering	35
6.6 Vidareutveckling av slutkoncept	37
07 MARKNADSANALYS	41
08 ANVÄNDNINGSKONTEXT	43
8.1 Transportvanor	43
8.2 Interna taxitjänster	44
8.3 Inställning till autonoma fordon	45
8.4 Interna trafikregler	46
8.5 Miljön i fabriksområdet	48
09 KRAVSPECIFIKATION	51

10 KONCEPTUTVECKLING	55
10.1 Grundläggande designbeslut	55
10.2 Tre koncept för primärt informationsdon	56
10.3 Utvärdering av primärt informationsdon	59
10.4 Fyra koncept för sekundärt informationsdon	59
10.5 Utvärdering av sekundärt informationsdon	61
10.6 Koncept för verifiering	62
11 KONCEPTVERIFIERING	67
11.1 Primäranvändare	67
11.2 Sidoanvändare	71
12 SLUTKONCEPT LEDWAY	75
12.1 Positionering LEDWAY	75
12.2 Färg LEDWAY	75
12.3 Primärt informationsdon	77
12.4 Sekundärt informationsdon	81
12.5 Designaspekter för att skapa tillit till LEDWAY	82
12.6 Underlag för implementering	83
12.7 Kravuppfyllnad	84
13 DISKUSSION	87
13.1 Syfte och mål	87
13.2 Processen och dess utmaningar	87
13.3 Slutkoncept LEDWAY	89
13.4 Projektets validitet	89
13.5 Hållbarhet och etik	90
13.6 Realiserbarhet	91
13.7 Vidareutveckling	93
14 SLUTSATS	95
14.1 Identifierade utvecklingsaspekter	95
14.2 Slutkoncept LEDWAY	96
14.3 Rekommendationer	96

REFERENSER

A. FIGURREFERENSER

B. BILAGOR

- 1 - Intervjumall empirisk studie
- 2 - Intervjumall för konceptverifiering av primäranvändaren
- 3 - Intervjumall för konceptverifiering av sidoanvändaren
- 4 - Pugh-matris för konceptutvärdering
- 5 - Kravuppfyllnad
- 6 - Underlag för implementering

01

INLEDNING

I kapitlet presenteras projektets bakgrund och uppdrag följt av syfte, mål och förväntade leverabler.

1.1 Bakgrund

Flera olika aktörer arbetar för att definiera och förstå det autonoma fordonets plats i samhället. Tester av nyutvecklad teknik bedrivs på testanläggningar runt om i världen och vissa har speciella tillstånd för att köra på allmän väg. Det finns svårigheter för utvecklingsarbetet på grund av vägnätets komplexitet och oförutsägbarhet kring situationer som kan uppstå. Detta ställer höga krav på beslutsfattande algoritmer som ska fatta etiskt utmanande beslut.

Autonoma fordon i form av truckar, varutransporter och avlastningsrobotar har i flera år förekommit i industrin för att assistera produktionspersonal. Inom produktion är automatisering ett område med hög innovationstakt och med många fördelar med avseende på effektivitet, ekonomi och reducerat behov av upplärning (McKinsey & Company, 2017). I fabriksområden kan därför autonoma fordon för persontransport potentiellt vara lönsamma att implementera.

Trafiksituationer på allmän väg är komplexa och där befinner sig bland annat; fotgängare, cyklister, bussar, bilar och djur. De har olika erfarenhet i trafiken, vissa är yrkesförare med decennier av erfarenhet och vissa är unga barn som oberäkneligt kan röra sig över vägbanan. I ett fabriksområde är gruppen mer homogen med avseende på erfarenhet i trafiken och deras beteende är lättare att förutsäga. Därför har autonoma fordon en större möjlighet att framgångsrikt implementeras i sådana miljöer. Projektet har därför fokuserats på fabriksområden.

En viktig aspekt för autonoma fordons möjlighet till genomslag i fabriker är användarnas tillit till tekniken (Hoff & Bashir, 2014). I större fabriker förflyttas människor idag mellan olika byggnader med taxibilar och minibussar. Inuti fabriker förflyttar sig personer till fots, med sparkcyklar eller cyklar för längre avstånd. Autonoma fordon kan förbättra verksamheten genom snabbare transporter, färre anställda och ett reducerat antal olyckor. Det finns därför ett intresse för att undersöka implementeringen av automatisering av fordon i fabriksområden. Men eftersom det inte finns några autonoma taxitjänster idag i fabrikerna behövs en väl genomtänkt design av interaktionen för att möjliggöra en effektiv implementering.

1.2 Projektets utgångspunkt

Under 2017 köpte institutionen för Elektroteknik på Chalmers Tekniska Högskola in en Renault Twizy med syftet att fungera som en experimentell plattform för utveckling av autonom teknik, se figur 1.1. Tidigare projekt har installerat sensorer och utvecklat programvara för autonomisering. Fordonet behöver ett användargränssnitt mot passagerare och omgivning i syfte att kommunicera och interagera. Uppdraget är att designa interaktionen för ett autonomt fordon i fabriksområde och implementera lösningen i utvecklingsfordonet.



Figur 1.1. Utvecklingsfordonets befintliga skick, från utsidans front och instrumentbrädan.

1.2.1 Uppdragsgivarens vision

Visionen är att det autonoma fordonet ska vara centralt i ett internt transportsystem. Interna transportsystem är aktuella i kontrollerade miljöer och har syftet att öka effektivitet och säkerhet genom autonomisering. Idag existerar autonoma interna system för transport av produktionsmaterial men de är inte för transport av människor. Uppdragsgivaren efterfrågar således en autonom intern transportlösning för människor i fabriksområden. Uppdragsgivaren vill dessutom att gränssnitt för fordonets insida och utsida ska utvecklas.

Motiven för utvecklingen är ökad säkerhet, ökad effektivitet och lägre kostnader. Att systemet ska befinna sig i en kontrollerad miljö innebär ytterligare fördelar då en stor del av tekniken redan finns tillgänglig.

1.3 Syfte och mål

Syftet med projektet är att bidra till en bättre användarupplevelse av autonoma fordon genom effektivare kommunikation och en ökad känsla av trygghet och tillit gentemot dessa.

Målet med projektet är att genom litteratur- och användarstudier utveckla en kravspecifikation och ett koncept för interaktionen mellan ett autonomt fordon, dess passagerare samt mot medtrafikanter, för internttransport i fabriksområden. Projektet ska resultera i ett underlag för framtida utvecklingsarbete och implementering.

1.4 Leverabler

Projektet förväntas leverera en kravspecifikation för fordonets interaktion med passagerare och medtrafikanter baserat på resultat från litteratur- och användarstudier. Utifrån kravspecifikationen utvecklas och testas ett koncept som sedan förväntas realiseras i form av en prototyp på mock-up nivå.

1.5 Projektspecifika krav

Projektspecifika krav är krav som tagits fram specifikt för implementering av konceptet på projektets fordon.

- Utformning och dimensioner ska möjliggöra implementering på en Renault Twizy
- Utformningen ska vara möjlig att utveckla inom projektets tidsram och budget
- Utformningen av instrumentpanelen ska tillåta enkel åtkomst till fordonets elektronik

1.6 Orientering

1 - I kapitlet presenteras projektets bakgrund och uppdrag följt av syfte, mål och förväntade leverabler.

2 - I kapitlet presenteras projektets slutresultat översiktligt, hur resultatet tagits fram och slutsatser i korthet.

3 - I kapitlet presenteras projektets utgångspunkt och följande projektparametrar definieras; systemet, användare, miljö och scenario.

4 - I kapitlet presenteras teori kring autonoma fordon och design som ligger till grund för utvecklingsarbetet.

5 - I kapitlet presenteras de metoder som utnyttjats under genomförandet.

6 - I kapitlet presenteras hur processer, metoder applicerats på utvecklingsarbetet och hur projektet genomförts.

7 - I kapitlet presenteras resultat och tolkning av den marknadsanalys som genomfördes.

8 - I kapitlet presenteras resultatet från den empiriska studien, analysen av resultatet och vilka krav den resulterat i. Användarnas behov kunde kartläggas genom datainsamling i form av intervjuer och studiebesök sedan analyseras datan.

9 - I kapitlet presenteras en kravspecifikation som den teoretiska och empiriska studien resulterat i utifrån användarscenariot.

10 - I kapitlet presenteras grundläggande designbeslut som utvecklingsarbetet utgått ifrån, resultat från idégenereringen, sammanställda koncept och resultatet från utvärderingen samt vidareutveckling.

11 - I kapitlet presenteras resultatet från konceptverifieringen, analys av resultatet och hur det har påverkat vidareutvecklingen.

12 - I kapitlet presenteras projektets slutresultat i detalj. Slutresultatet motiveras utifrån empiri och teori

13 - I kapitlet diskuteras huruvida syftet och målet är uppnått samt processen och dess utmaningar. Detta följs av diskussion kring projektets validitet, hållbarhet och etik samt realiserbarhet av LEDWAY i en fabriksmiljö respektive på utvecklingsfordonet. Slutligen diskuteras möjliga områden för vidareutveckling.

14 - I kapitlet redovisas arbetets slutsatser från aspekter som bör behandlas vid utveckling, lösningsförslaget LEDWAY och rekommendationer.

02

SLUTRESULTAT

I kapitlet presenteras projektets slutresultat översiktligt, hur resultatet tagits fram och slutsatser i korthet.

2.1 LEDWAY

Projektets slutkoncept LEDWAY, ska underlätta interaktionen mellan ett autonomt fordon, dess passagerare och medtrafikanter för internt transport i fabriksområden. LEDWAY är uppdelat i två olika informationsdon. Ett av informationsdonen är LED-slingor placerade på utsidan av fordonets kaross och på insidan längs vindrutans nederkant, se figur 2.1 och 2.2. Det andra informationsdonet är en interaktiv display på fordonets instrumentbräda, se figur 2.2.

Konceptet utvecklades efter analys av teoretiska och empiriska studier. Ur den empiriska studien identifierades fem relevanta områden för interaktionen för en intern taxitjänst; transportvanor, interna taxitjänster, inställning till autonoma fordon, interna trafikregler samt miljö på fabriksområdet.

Vid behov av förflyttning över fabriksområdet transporterar sig idag anställda till fots. Det gör de som en konsekvens av den interna taxitjänstens bristfälliga tillgänglighet. Dagens transportvanor fungerar inte utan problem, det största problemet är avsaknaden av skydd mot olika väderförhållanden.

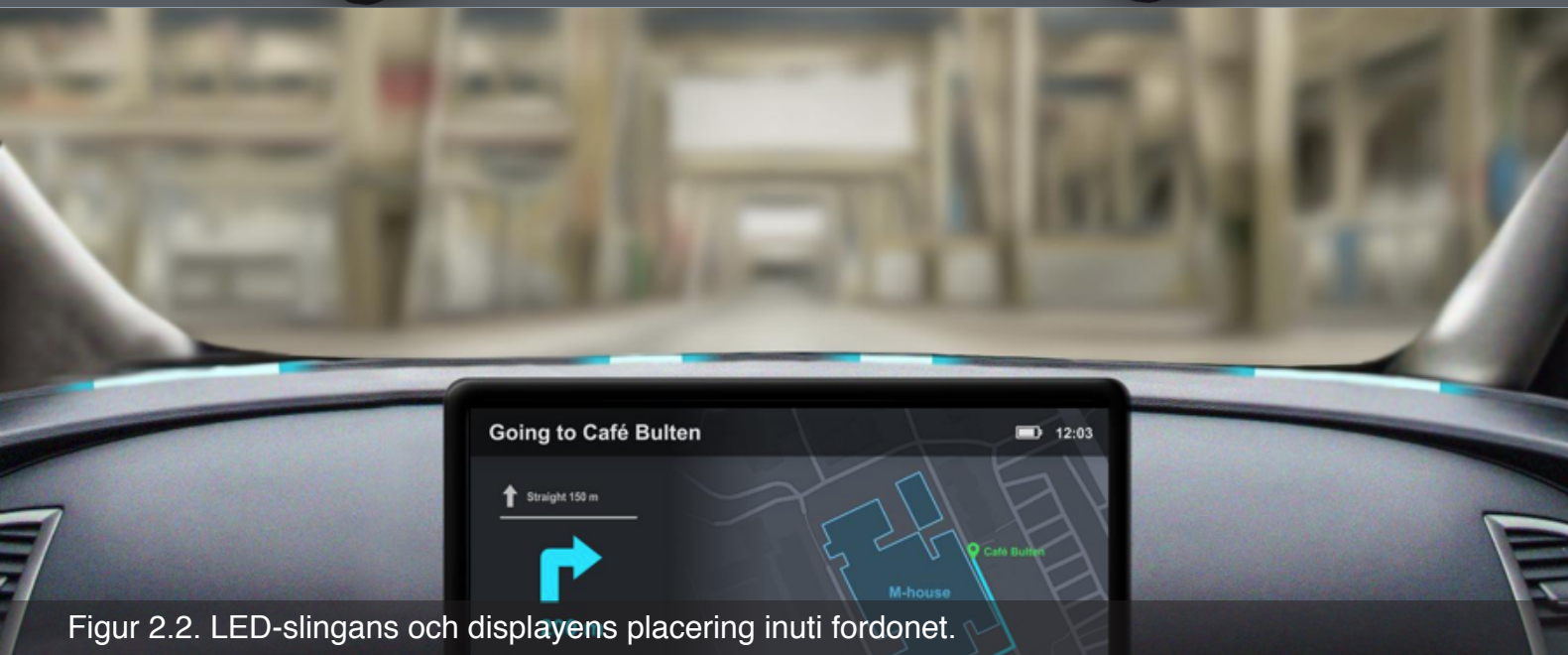
Inställningen till autonoma fordon är idag positiv men för att fullt lita på ett autonomt fordon behövs vana. I fabrikerna är det fordon kopplade till produktion som prioriteras vilket är unikt för den aktuella miljön. Gångtrafikanterna hänvisas till speciella gångstråk där passering endast får ske vid avsedda markeringar och när inga andra fordon är i närheten. I fabrikerna används också ofta hörselskydd på grund av ljudnivån.

2.2 LED-slinga LEDWAY

Konceptet LEDWAY består av LED-slingor som kommunicerar till passagerare och medtrafikanter genom ljussignaler. LED-slingorna använder sig av ljussegment med olika rörelse och storlek för att kommunicera till passagerare och medtrafikanter. LED-slingorna signalerar vid; inväntan på passagerare, acceleration, retardation, sväng, tvärbroms och hinder. I övrigt används de ljussignaler som finns på fordon idag. Detta gör att utomstående medtrafikanter som inte är bekanta med fordonet kan följa dess intentioner på samma sätt som en manuell bil. Färgerna som används är turkos, vit och selective yellow för att inte associeras till andra signaler som finns i trafiken och fabriker idag.



Figur 2.1. LED-slingans placering runt karossen.



Figur 2.2. LED-slingans och displayens placering inuti fordonet.



Figur 2.3. Den interaktiva displayen för att navigera.

LED-slingor används som informationsdon då de är diskreta i sin utformning och med restriktiva signaler undviker att försämra arbetsmiljön med störande moment. De placeras horisontellt längs med karossen och runt hela fordonet. Placeringen är horisontell istället för att följa fordonets kurvatur för att den ska ses tydligt och inte smälta in för mycket. Det finns LED-slingor som fungerar i olika sikt- och väderförhållanden och implementeringen för en sådan har förhållandevis låg kostnad.

2.3 Display LEDWAY

Displayen är tryckkänslig och låter användaren interagera med fordonet för att starta och avsluta sin resa, se figur 2.3. På displayen visas först en indikation på att fordonet är fullt fungerande vilket syftar till att inge tillit till ett autonoma fordonet. Sedan kan användaren ange en destination på två sätt; genom att välja en hållplats på en karta eller söka efter den. De båda alternativen finns för att underlätta för vana användare som kan lokalisera sig samt för de som enbart fått ett namn på sin destination.

Under färden presenterar displayen kompletterande information till LED-slingan. En karta med fordonets placering ger användaren en uppfattning om färden och sin position. Fordonets planerade och passerade handlingar visas genom ikoner som rullar uppifrån och ned i en panel på vänster sida. De planerade handlingarna visas för att förtydliga LED-slingans signaler medan de passerade handlingarna visas för att användaren ska få ökad förståelse av systemet genom att kunna se systemets val i efterhand. På samma skärm visas en estimation av den kvarvarande restiden och eventuell gångtid. Det finns även en knapp som låter användaren avbryta resan i förväg. Denna funktion är till för de som ändrar sin resplan eller de som känner åksjuka och behöver en paus. Vid tryck på denna ombeds användaren först bekräfta sitt val och sedan, efter fordonet stannat, finns möjligheten att återuppta sin resa. Om inte kan användaren välja att avsluta sin resa och låta en annan användare nyttja fordonet.

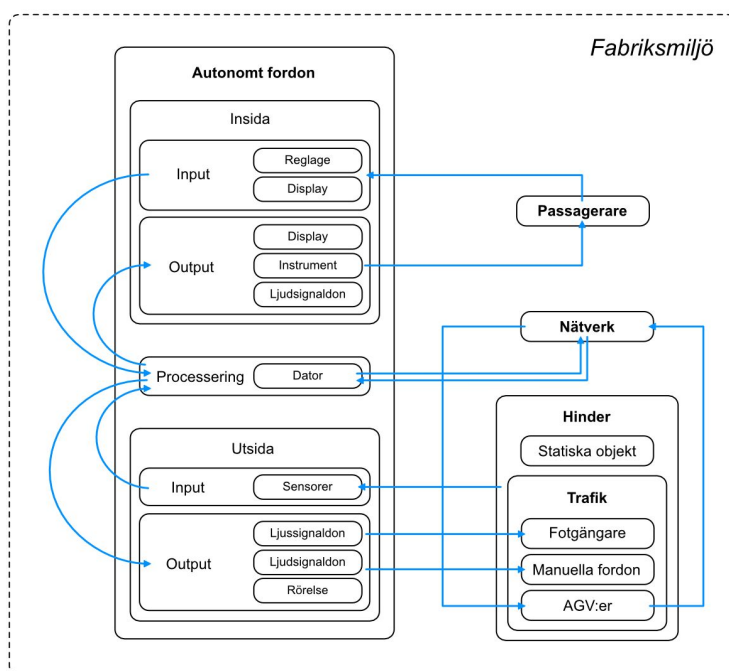
03

AUTONOM INTERTRANSPORT SOM SYSTEM

I kapitlet presenteras projektets utgångspunkt och följande projektparametrar definieras; systemet, användare, miljö och scenario.

3.1 System: Interaktion med autonomt fordon

Figur 3.1 beskriver systemet för interaktionen med ett autonomt fordon. I systemet ingår det autonoma fordonet, dess passagerare och hinder i dess omgivning.



Figur 3.1. Illustration av systemet för fabriksområde och autonomt fordon.

Det autonoma fordonet är uppdelat i insida och utsida där båda har förmåga att hantera in- och utsignaler från och till omgivningen. På fordonets insida kan kommunikationen ske genom displayer, ljus- och ljudsignaldon samt fysiska reglage. På utsidan kan kommunikationen ske genom ljud- och ljussignaler samt fordonets rörelse. Kommunikationen sker mot statiska objekt och dynamisk trafik. Statiska objekt är fysiska hinder. Dynamiska objekt är trafik i form av fotgängare, manuella fordon och andra autonoma fordon exempelvis *Automated Guided Vehicles* även kallat AGV:er. Fotgängare och förare till manuella fordon får input från ovanstående gränssnitt medan AGV:er är sammanlänkade i nätverk och kommunicerar elektroniskt genom dessa.

3.2 Användare

Användare kategoriseras i projektet enligt definitionerna; primär- och sidoanvändare vilka utgör projektets målgrupp. Primäranvändare för systemet är passagerare i form av personal med behov av transport inom fabriksområdet. Personerna innefattar främst tjänstemän och servicepersonal. Sidoanvändare är all övrig personal som interagerar med fordonet inom det kontrollerade området. Sidoanvändare innefattar exempelvis montörer, truckförare, förare av andra fordon och gångtrafikanter.

3.3 Kontrollerad miljö

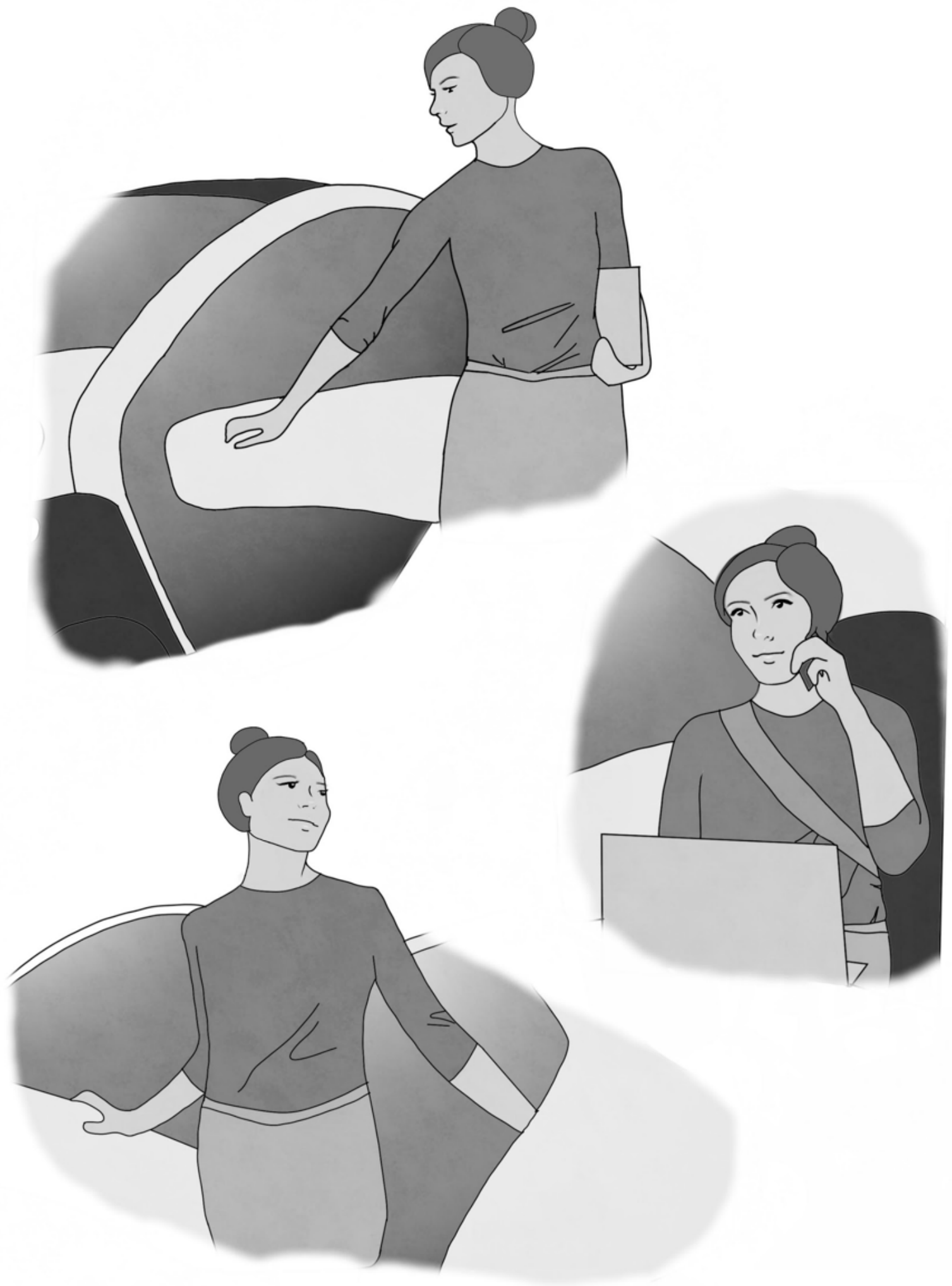
En kontrollerad miljö innebär ett begränsat fabriksområde där fordon används både inomhus och utomhus. Inomhus finns flera olika aktiva fordon, bland annat manuella truckar och autonoma AGV:er, men också fabriksmaskiner med rörliga delar.

Utomhus gäller trafikregler enligt svensk lag. Olika väderlekar påverkar sikt och underlag samtidigt som det kan befinna sig fordon på området som inte nödvändigtvis har koll på de interna trafikreglerna.

3.4 Användarscenario

Användarscenariot består av tre huvuddelar, se figur 3.2:

1. Användaren öppnar dörren till fordonet och sätter sig inuti. Inledandet av resan slutar då fordonet börjar rulla.
2. Resan pågår under hela tiden då fordonet förflyttar sig.
3. Avslutandet av resan påbörjas i samma stund som fordonet upphör att röra på sig för att medge avstigning. Sista steget i avslutandet är då användaren stiger ur fordonet och stänger dörren.



Figur 3.2. Användarscenario för en autonom taxiresa.

04

TEORI

I kapitlet presenteras teori kring autonoma fordon och design som ligger till grund för utvecklingsarbetet.

4.1 Autonoma fordon

Enligt Beer, Fisk och Rogers (2014, s.77) definieras autonomi som *”Den grad i vilken en robot kan känna av sin omgivning samt planera och agera utifrån denna med avsikten att nå ett specifikt mål, antingen givet till eller skapat av roboten, utan extern kontroll”*. Autonoma fordon är fordon som till olika grad agerar enligt denna definition.

Automatiseringsgrad

Grad av automatisering kategoriseras enligt nivåer från 0 till 5, där 0 är lägst automatiserad och 5 högst automatiserad. Enligt SAE J3016 körs fordonet av en mänsklig förare mellan nivå 0 och 2 och av en robot mellan nivå 3 och 5. Vid nivå 0 till 2 agerar de autonoma systemen i syfte att assistera fordonets förare. I första hand beträffar assistansen varningar och information, på nivå 1 kan fordonet exempelvis hålla sig inom ett körfält eller tillämpa adaptiv farthållning. I nivå 3 kan föraren av fordonet tvingas överta kontrollen av systemet, exempelvis i svåra situationer. Enligt SAE J3016 är ett exempel på ett nivå 4-fordon en geografiskt begränsad förarlös taxi där inte ratt och pedaler måste implementeras. I nivå 5 kan systemet köra i alla miljöer och alla situationer utan mänsklig inverkan. (Shuttleworth, 2019)

Sverige

Sannolikheten för en ökad närvaro av autonoma fordon i samhället beror till stor del på vad som händer i riksdagen. I skrivande stund utreds tre motioner gällande autonoma fordon. De är alla positiva till autonoma fordons fortsatta utveckling och pekar på flera olika aspekter vilka motiverar vidare utbredning. Huvudsakligen pekar de positiva argumenten på ökad säkerhet i samband med introduktionen av autonoma fordon. Argument som ökad tillgänglighet för funktionsnedsatta och tillgänglighet till landsbygden lyfts även fram. I nuläget utreds möjligheterna att använda autonoma fordon på allmänna vägar. (Motion 2018/19:1548; motion 2018/19:2651; motion 2018/19:459)

Fabriker

För autonoma truckar används standarden EN1525. Enligt standarden är förarlösa truckar fordon som rör sig autonomt, alltså utan en operatör. Radiostyrda truckar bedöms därför inte som förarlösa, däremot klassas en truck som övervakas av en operatör, med en portabel

kontrollenhet, som förarlös. Riktlinjerna listar faror som uppkommer i en användningssituation för förarlösa truckar. (Svensk material- och mekanstandard, 1997)

Enligt EN1525 bör trucken utformas med olika miljöer i åtanke. Under avsnittet *faror* i EN1525 behandlas faror som kan undvikas om riktlinjerna följs och vilka delar av fordonets system som beträffar dem. Faror som rör interaktionen listas nedan, följt av åtgärder för att undvika farorna:

- Oförmåga att stanna. Nödstopp bör finnas.
 - Påkörningsrisk. Fordonet bör kunna upptäcka fotgängare.
 - Risk för felande platskontroll. Löses med kontroller för temporära uppgifter kopplat till navigation.
 - Brist på varningar. Utforma bra varningssystem.
 - Otillräckliga instruktioner för operatören. Bra kontroller för temporära uppgifter.
- Informationer om hur de kontroller ämnas användas.

(Svensk material- och mekanstandard, 1997)

Etiska- och samhällseliga faktorer

I takt med att tekniken för autonoma fordon utvecklas väcks stora samhällsdebatter kring etiska dilemman. En rädsla finns för att maskiner ska ta över människans jobb. Vissa argumenterar för att jobb kommer bli ersatta av automation och robotar men samtidigt finns det undersökningar som säger att det även skapas nya jobb i takt med teknikens utveckling. De nya jobben som skapas kräver däremot högre utbildning. (Skogh, Cserhalmi, 2017)

År 2017 omkom 253 personer i trafiken (Trafikverket, 2018) varav 90 procent av olyckorna orsakades av människan. Samtidigt var 41 procent av alla dödsolyckor i arbetet orsakade av fordon mellan 2016-2018 (Arbetsmiljöverket, 2019). Det tyder på att autonoma fordon har god chans att reducera antalet olycksfall (Sundberg, 2018). Samtidigt debatteras hur algoritmen för beslutsfattande ska agera, speciellt i kritiska situationer. Undersökningar visar att få användare skulle sätta sig i en bil som är programmerad att offra passageraren om det innebär att rädda ett större antal människor i en given situation (Ahlbom, 2015). I takt med att tekniken utvecklas tvingas även samhället anpassa sig och utforma regler och lagar som kan appliceras. Lagarna och reglerna behandlar bland annat vem som bär ansvaret vid en eventuell kollision (Gogoll, Müller, 2016).

Flera fördelar med autonoma fordon kvarstår trots debatten kring ovanstående etiska dilemma. Fördelarna innefattar bland annat säkrare vägar, effektivare trafik och mindre behov av parkering. Andra fördelar är minskat antal fordon per capita och tillgängligheten till transport ökar (Nyholm, Smids, 2016). Enligt ENREAL (2013) kan autonoma fordon minska energiåtgången med 90 procent men om de används utan eftertanke kan energiåtgången öka med över 200 procent.

Gällande specifikt människa-maskin interaktionen finns det flera utmaningar. Den mest grundläggande och centrala frågan är hur fordonet ska designas för att maximera användarens förståelse för fordonets kapacitet och begränsningar. Speciellt viktigt blir detta för de tidiga generationerna av självkörande fordon med lägre automatiseringsgrad (Fagnant, Kockelman, 2015). Inaktiva passagerare ger upphov till ytterligare problem;

svårigheter att övervaka en given trafiksituation, försämrade kunskap inom trafik och åksjuka (Cunningham, Regan, 2015).

4.2 Kognitiv ergonomi

Kognitiv ergonomi definieras enligt International Ergonomics Association som "...mentala processer, såsom perception, minne, resonemang och motorrespons, så som de påverkar interaktioner mellan människor och andra delar av ett system." (International Ergonomics Association, u.å.). Att designa med kognitiv ergonomi i åtanke innebär alltså att utforma ett system på ett sätt som tar hänsyn till människans sinnen och förmågor.

Mentala modeller

Mentala modeller är individuella perceptioner som användarna har av sig själva och av sin omgivning. De genereras initialt genom beskrivning och undersökning av ett system och stärks med ökad erfarenhet. Varje individ har en unik mental modell över alla produkter i sin omgivning, även om själva produkten i sig är densamma. Genom design kan människors uppfattning av produkten påverkas och bidra till en korrekt mental modell som stämmer överens med produktens avsedda syfte och användning. (Söderberg, u.å.)

Multimodalitet

Multimodalitet förklarar hur olika modaliteter fungerar simultant hos människan. Teorin beskriver människans förmåga att tolka information, behandla den och agera i förhållande till olika koder och modaliteter. Koder är sinnesintryck, spatiala och verbala, som tolkas av människan och modaliteter är visuella eller audiella. Signalen tolkas, ett beslut om handling tas och en handling, vilken kan vara manuell och verbal, utförs. (Wickens, 2002)

När flera olika intryck tas in samtidigt ökar risken för överbelastning då människan måste fokusera på fler uppgifter. Olika uppgifter har olika hög kompatibilitet med varandra. Att läsa och konversera är svårare än att springa och lyssna på musik. Att använda multimodalitet i form av ljud och haptik har visat sig vara effektivt för att påkalla uppmärksamhet vid varningar och meddelanden i fordon. (Petermeijer, S., Bazilinsky, P., Bengler, K., & Winter, J. D., 2017)

Redundans

Om olika modaliteter och koder används till samma uppgift uppstår istället redundans (Wickens, 2002). Redundans i gränssnittsdesign innebär att flera sinneskanaler informeras med samma information samtidigt. Genom att göra detta förstärks budskapet i signalerna. Ett effektivt användande av redundans innebär att olika stimuli bidrar till konsonans.

Spatial transformation och Natural Mapping

Spatial transformation beskriver den mentala processen som krävs för att göra en logisk koppling mellan gränssnittselement och deras associerade funktion, effekt eller innebörd i den verkliga världen. Exempelvis att koppla att en strömbrytare på väggen hör ihop med att tända och släcka en specifik lampa i rummet, eller att en viss spak på en grävsjopa hör till en viss rörelse hos armen. (MacKenzie, 2013)

I syfte att underlätta den spatiala transformationen hos användaren kan *natural mapping* användas. Designprincipen innebär att relationen mellan användarinput och systemets verkan ska vara organiserat på ett naturligt sätt. Designprincipen kan uppnås genom att låta användaren trycka på en ikon direkt på en pekskärm, istället för att använda en mus som i sin tur styr en muspekare. *Natural mapping* ställer därmed mindre krav på minne och kognitiva färdigheter hos användarna och är att föredra vid utformning av användargränssnitt. (Norman, 1988)

Gulf of execution och Gulf of evaluation

Gulf of execution är svårigheten för en användare att omvandla ett mentalt mål till en fysisk handling. Problem inom detta område uppstår då användaren vet vad den vill göra, men inte hur den ska gå tillväga för att uppnå detta. (Norman, 1988)

Gulf of evaluation beskriver den grad i vilken användargränssnittet ger *feedback* efter användarens handlingar och hur väl användaren förstår återkopplingen och kan bedöma om uppgiften är korrekt utförd. Problem kopplade till detta område uppstår när användaren har gjort rätt eller fel men gränssnittet inte ger tillräcklig *feedback* för att förstå det. (Norman, 1988)

4.3 Usability

För att designa ett användarvänligt gränssnitt kan en rad olika designprinciper inom *usability* användas. I detta projekt används ISO-definitionen för *usability* (ISO, 2018) som lyder "*Den grad i vilken användare i ett givet sammanhang kan bruka en produkt för att uppnå specifika mål på ett ändamålsenligt, effektivt och för användaren tillfredsställande sätt*". Jordan (1998) kompletterar och nyanserar denna definition med fem *usability*-aspekter och tio designprinciper för god *usability*. Norman (1988) erbjuder ytterligare fördjupning genom teorin om artefakternas psykologi.

Jordans fem usability-aspekter

Guessability; graden med vilken en användare i ett givet sammanhang kan förstå och bruka en produkt vid första interaktionen för att uppnå specifika mål på ett ändamålsenligt, effektivt och tillfredsställande sätt.

Learnability; graden med vilken en användare i ett givet sammanhang kan bruka en produkt med viss erfarenhet för att uppnå specifika mål på ett ändamålsenligt, effektivt och tillfredsställande sätt.

Experienced user performance; graden med vilken en erfaren användare i ett givet sammanhang kan bruka en produkt för att uppnå specifika mål på ett ändamålsenligt, effektivt och tillfredsställande sätt.

System potential; den optimala graden med vilken en användare i ett givet sammanhang kan bruka en produkt för att uppnå specifika mål på ett ändamålsenligt, effektivt och tillfredsställande sätt.

Reusability; graden med vilken en användare efter en tids uppehåll i ett givet sammanhang kan återvända till att bruka en produkt för att uppnå specifika mål på ett ändamålsenligt, effektivt och tillfredsställande sätt.

Jordans 10 designprinciper

Consistency; produkten ska ha en inre konsekvens i hur liknande uppgifter löses inom produkten.

Compatibility; produkten ska fungera och lösa uppgifter på ett sätt som följer konventioner kring hur det brukar lösas hos liknande produkter.

Consideration of user resources; produkten ska vid interaktion ta hänsyn till hur kognitiva och fysiska resurser hos användaren belastas.

Feedback; produkten ska återkoppla till användarens handlingar genom att förmedla meningsfull information om resultatet av dessa.

Error prevention and recovery; produkten ska minimera risken för användningsfel och erbjuda möjlighet att återhämta eventuella felhandlingar..

User control; produkten ska vara designad så att användarens upplevda kontroll stämmer överens med den faktiska kontrollen användaren har, varken mer eller mindre.

Visual clarity; produkten ska vara designad så att användaren kan avläsa viktig information snabbt utan att visuell överbelastning uppstår.

Prioritisation of functionality and information; produkten ska vara designad så att användaren har lättast att nå de viktigaste funktionerna och informationen.

Appropriate transfer of technology; produkten ska implementera lämplig teknik från andra områden för att öka förståelsen hos användaren.

Explicitness; produktens funktioner och användning ska framgå på ett tydligt sätt för användaren.

Artefakternas psykologi

Constraints; förhindrar användaren från felaktig användning genom att bygga in fysiska och mentala begränsningar och hinder i användargränssnittet.

Affordances; produkten signalerar möjligheter till handlingar genom att ge användaren ledtrådar om produktens egenskaper. Tillämpas bland annat genom produktens olika former, färger och material.

Mapping; relationen mellan gränssnittets olika element och utformning samt hur detta påverkar användarens förväntning och logiska koppling mellan handling och resultat.

Knowledge in the world; produktens användning beskrivs av dess utformning. Det innebär att produkten använder sig av affordances, constraints och mapping som tillsammans ger användaren information om hur produkten används. *Knowledge in the head* innebär istället att användaren genom inläring har bildat sig en uppfattning över hur produkten används. *Knowledge in the head* kan därmed liknas vid mentala modeller.

4.4 Tillit och acceptans

En stor utmaning inom automation är tillit och för att systemet ska kunna användas korrekt och framgångsrikt krävs det att användaren litar på det. Tillit påverkas av flera faktorer och två av dem är attityd och känslor. Generellt har användare lättare att acceptera system som beter sig på liknande sätt som de själva. Programvaror som kan identifiera och anpassa sig efter användarens emotionella tillstånd upplevs ha högre måluppfyllnad vid interaktionen. (Hoff, Bashir, 2014)

Definitionen av tillit varierar. Den mest accepterade definitionen är: "*Personens vilja att vara sårbar mot en annan parts handlingar utifrån förväntan om att den andra kommer att utföra en särskild åtgärd som är viktig för personen, oberoende av möjligheten att övervaka eller kontrollera den parten*" (Mayer, Davis, & Schoorman, 1995). Tillit beror på individens inställning till att försätta sig i en riskfylld situation. Tillit påverkar användarens beteende vilket gör det till en relevant aspekt i design av autonoma fordon.

Automation

Enligt Marsh & Dibben (2005) kan tillit till automation delas in i tre lager: dispositionell tillit, situationell tillit och lärd tillit.

Dispositionell tillit är individens grundinställning till att lita på autonoma system i allmänhet. Den dispositionella tilliten påverkas av faktorer som etnicitet, religion, nationalitet, ålder och genus men även av personlighetsdrag som inkluderar kunskap och intresse för systemen (Hoff & Bashir, 2014). Människor har i allmänhet en positiv inställning till nya autonoma system eftersom deras förväntan utgår ifrån den mänskliga motsvarigheten. Inställningen kan leda till en initial övertro till systemets förmåga. (Dzindolet et al., 2003)

Situationell tillit är dynamisk och varierar över tid och beroende på kontext. Det kan exempelvis vara att en individ litar på ett autonomt fordon som kör i en låg hastighet på en tom gata men inte i höga hastigheter och tung trafik. Även inre faktorer som självförtroende och humör kan påverka hur mycket tillit en individ har till automation. I en studie av Popken, Krems och Nilsson (2015) framkom det att hög tillit i kombination med lågt självförtroende ledde till ökad frekvens i användningen av automation. På samma sätt gjorde motsatsen, låg tillit och högt självförtroende, att individer föredrog manuell kontroll över fordonet.

Lärd tillit avser dels det initiala förtroendet individer har för ett autonomt system. Det dynamiska förtroendet utvecklas under användningen av systemet. Initial tillit skapas i samband med att användaren formar sin mentala modell över systemet, exempelvis genom undersökning eller instruktioner. Den dynamiska tilliten justeras under användningen efter systemets prestation i förhållande till användarens mentala modell. Vid behov justeras även

den mentala modellen för att stämma överens med den empiriska upplevelsen av systemet och därigenom skapas en sluten *feedback-loop* där användarens tillit till systemet varierar dynamiskt med prestationen. Mer erfarenhet leder således till en mer korrekt mental modell över systemets kapacitet vilket i sin tur leder till en mer korrekt tillitsnivå. (Marsh, S., & Dibben, M. R., 2005)

Språk

Användarnas upplevda trygghet ökar med tydlighet. Genom användandet av engelska maximeras antalet förstående användare på ett företag. Användarnas förståelse av engelska kan vara begränsad, speciellt vid ord av högre komplexitet eller teknisk grad. Därför bör vanligt förekommande termer användas. Användningen av språk bör också begränsas i trafiksituationer som kräver snabba beslut och reaktioner. Språk i text och ljud kräver mer tid att tolka för användaren medan ljus- och ljudsignaler, förutsatt att användaren förstår dess innebörd, kan förmedla information betydligt snabbare. (Aremyr & Jönsson, 2017)

Antropomorfism

Ordet antropomorfism kommer från grekiskans *anthropos* för man och *morphe* för form/struktur och har definierats som *"...tendensen att ge mänskliga karaktärsdrag till livlösa objekt, djur och annat för att hjälpa oss rationalisera deras handlingar. Att attribuera kognitiva och emotionella tillstånd baserat på observation för att rationalisera en entitets beteenden i en given social miljö"* (Duffy, 2003).

Antropomorfism innebär att efterlikna människan, inte bara till utseendet utan också till beteendet och de sociala interaktionerna. I en produkt kan det uppnås genom att ge designen karaktärsdrag i form av namn, beteende, genus, röst och ansiktsdrag. Även intelligens och intention är attribut som förknippas med mänsklighet (Haslam, 2006). Implementering av antropomorfism i kommunikationen mellan fordon och förare korrelerar positivt med ökad tillit till fordonets förmåga att prestera (Waytz & Heafner & Epley, 2014).

Antropomorfism ökar den upplevda nyttan och användarvänligheten i ett gränssnitt vilket höjer acceptansen hos användarna (Aremyr & Jönsson, 2017). Det är emellertid viktigt att balansera och implementera antropomorfism på rätt sätt i designen. Om objektet blir för människolikt kan det ha en intimiderande effekt, även känt som *Uncanny Valley* (Laja Uggah & Manaf, 2015).

Designfaktorer för att generera tillit till automation

Det finns designaspekter som kan skapa tillit, riktlinjerna nedan är framtagna av Aremyr och Jönsson (2017) och de följer:

- Designa för korrekt och lämplig nivå av tillit.
- Visualisera tidigare prestation av automation.
- Visualisera processen genom att visa direkta resultat av algoritmen som är begriplig för användaren.
- Förenkla algoritmerna och användandet för att göra det mer begripligt för användaren.
- Visa syftet med automationen och hur det relaterar till användarens mål.

- Utvärdera antropomorfism av automationen för att försäkra passande nivå av tillit.
- Utbilda användare i den förväntade tilliten, hur systemet används och dess avsedda användning.

Krav utifrån tillit och acceptans

Kravlistan delas upp i generella krav som gäller för både primär- och sidoanvändare, krav som gäller enbart primäranvändare och krav som gäller sidoanvändaren.

Generella krav

- Använda inre konsekvens mellan insida och utsida för interaktionen - *önskvärt*

Fordonet ska visualisera sin process;

- genom att visa intentioner
- genom att visa objekt som fordonet detekterar - *önskvärt*

Passagerare - primär

Fordonet ska;

- kommunicera på ett sätt som är tydligt och förståeligt för passageraren
- visualisera tidigare prestation av automation

Medtrafikanter - sido

Fordonet ska;

- kommunicera på ett sätt som är tydligt, förståeligt och oberoende av språk för medtrafikanter
- förmedla att det är autonomt

4.5 Kommunikation i trafiken

I en trafikmiljö är det viktigt med väl fungerande kommunikation. En fjärdedel av alla trafikolyckor uppstår på grund av bristande kommunikation mellan trafikanter. När en fotgängare ska gå över vägen är kommunikation speciellt viktigt. I allmänhet används ögonkontakt och diskreta rörelser för att signalera intentioner. Förare använder ögonkontakt men även mer explicita metoder som handrörelser. (Rasouli & Tsotsos, 2018)

Idag ger 61 procent av alla förare inte någon signal alls medan 84 procent av alla fotgängare söker ögonkontakt (Sucha & Dostal & Rissel, 2017). Fordonets ändringar i hastighet kommunicerar också intentioner. Fotgängares användande av mobiler ökar den omedvetna blindheten med 75 procent vilket bör beaktas. (Rasouli & Tsotsos, 2018)

Färgblindhet

Den vanligaste formen av färgblindhet är röd-grön färgblindhet vilket gör det svårt att skilja på färger som innehåller rött och grönt. Blå-gul färgblindhet är ovanligare och innebär att det är svårt skilja på färger mellan gul och blå. (Andersson, 2017)

05

METODBESKRIVNINGAR

I kapitlet presenteras de metoder som utnyttjats under genomförandet.

Litteraturstudie

En litteraturstudie är en datainsamlingsmetod som används i projekt. För att samla information kan till exempel läroböcker, vetenskapliga publikationer och rapporter användas. (Bligård, 2017)

Intervjuer

Intervjuer kan vara strukturerade, semistrukturerade och ostrukturerade. Strukturerade intervjuer är bra för att få kvantitativa, jämförbara svar på specifika frågor. Vid en semistrukturerad intervju används något som kallas för *probing*. Då ställs följdfrågor till den intervjuade för att få mer djupgående svar. En ostrukturerad intervju är mer öppen så den intervjuade kan ta upp det som personen själv tycker är viktigt. (Wikberg Nilsson, Å., Ericson, Å. & Törnlin, P., 2015)

Observationer

Observationer kan användas för att få förståelse för hur användarna agerar i olika situationer. De kan genomföras i den naturliga miljön för att uppnå högre validitet. För att kunna jämföra resultat och minimera påverkan av yttre faktorer kan observationer i stället utföras i en kontrollerad miljö. Då ökar testets reliabilitet på bekostnad av sänkt validitet. (Wikberg Nilsson, et al., 2015)

Marknadsanalys

Marknadsanalyser används för att undersöka marknaden och identifiera trender inom och utanför en given bransch. Målet är att hämta inspiration till utvecklingsarbetet och att undvika plagiat. Marknadsanalysen fungerar dessutom som ett sätt att identifiera styrkor och svagheter med existerande produkter på marknaden. (Wikberg Nilsson, et al., 2015)

KJ-analys

KJ-analys är en metod vars syfte är att samla och sortera större mängder data från intervjuer och observationer. All data delas upp och skrivs ner på lappar som grupperas baserat på de problem som de behandlar eller relaterar till. Således struktureras datan och kategoriseras utefter olika åsikter. Varje problemområde namnges för att underlätta och visa en övergripande bild som kan användas som grund för en kravspecifikation. (Martin et al., 2010)

Kravspecifikation

En kravspecifikation listar de behov och krav som identifierats i analysen av datainsamlingen. Specifikationen delas upp i kategorier som listar krav på olika delar av systemet. Kraven bedöms antingen som nödvändiga eller önskvärda. (Bligård, 2017)

Moodboard

En *moodboard* är ett collage av bilder, färger och texter som används som kommunikationsunderlag för att visa på en känsla. Det kan vara en önskvärd känsla som produkten ska uttrycka men även en icke önskvärd känsla för att beskriva vad produkten inte ska uttrycka. (Cassidy, 2011)

Brainstorming

Brainstorming är en metod för att utveckla nya lösningar till problem och kan utföras både individuellt och i grupp. Utförandet kan variera men vanligtvis väljs ett tema som deltagarna får idégenerera kring. Det är viktigt att alla deltagare får spåna fritt utan att några idéer kritiserar. (Wikberg Nilsson, et al., 2015)

Braindrawing

Braindrawing är en metod för idégenerering. Metoden går ut på att alla deltagare skissar på en idé kring ett tema under en viss tid. Därefter roterar deltagarna och fortsätter att utveckla varandras idéer. När idéerna gått ett varv diskuteras resultatet. Under metoden är det viktigt att inte kritisera några idéer. (Wikberg Nilsson, et al., 2015)

Pugh-matris

En Pugh-matris används i syfte att eliminera koncept och i slutändan hitta ett koncept för vidareutveckling. Matrisens indata är de krav som ställs på produkten. Koncepten jämförs med avseende på de viktade kraven i relation till en referens. Varje krav tilldelas en vikt, till exempel 1-5, där ett högre värde innebär ett viktigare krav. Sedan utvärderas koncepten och poängsätts utifrån hur väl kraven uppfylls. Resultatet av en Pugh-matris ger således det koncept som uppfyller kraven på produkten bäst. (Pugh, 1981)

Projektspecifika bedömningskriterier

Tre kategorier för konceptutvärdering bestämdes; realiserbarhet, tillit och *usability*. I realiserbarhet ingick genomförbarhet utifrån tekniska-, ekonomiska- och tidsaspekter. Eftersom projektets syfte innebar ett möjliggörande av vidareutvecklings var i synnerhet kostnadsaspekten viktig.

06

GENOMFÖRANDE

I kapitlet presenteras hur processer och metoder applicerats på utvecklingsarbetet.

Projektets process har bestått av flera moment som utförts överlappande och kontinuerligt, se figur 6.1. Projektet inleddes med en teoretisk studie samtidigt som kravspecifikationen påbörjades. Kravspecifikationen har genomgått flera iterationer. Idégenereringen påbörjades tidigt i processen och har genomgått en konceptutveckling och en ytterligare idégenerering i samband med konceptverifieringen för att nå slutresultatet. Varje huvudsakligt spår har konvergerat, divergerat och genomgått iterationer.



Figur 6.1. Process för utvecklingsarbetet. Processen har bestått av av tre huvudsakliga spår som når upp fram till slutkonceptet; datainsamling och analys, idégenerering och skapande av kravspecifikation. Flera olika delar har skett samtidigt och innefattar itereringar.

6.1 Teoretisk och empirisk studie

Den teoretiska och empiriska studien syftade till att generera data som efter analys skulle användas som grund för en kravspecifikation. Målet var att skapa förståelse för miljön samt användarnas behov och krav.

Litteraturstudie

En litteraturstudie och en marknadsanalys genomfördes. Litteraturstudien behandlade tillit, säkerhet samt lagar och automation. Marknadsanalysens syfte var att identifiera de designlösningar som finns och hur interaktionen sker mellan passagerare, medtrafikanter och autonoma fordon av olika grad. Fokus under litteraturstudien var främst på att skapa

förståelse för komplexiteten kring interaktionen med autonoma fordon. Studien inkluderade även undersökningar av designprinciper och teorier kring *usability*. I samband med litteraturstudien fastställdes definitioner av viktiga begrepp som tillit och nivåer av automation som används som utgångspunkt för projektet.

För att skapa förutsättningar för produktutveckling faställdes även primäranvändare, sekundäranvändare, sidoanvändare, miljö och scenarion. Samtidigt definierades även flödet för transportprocessen och aktuella trafikregler i miljön med den empiriska och teoretiska datan som grund.

Observationer och intervjuer

Studiebesök och observationer genomfördes på två fabriker av olika storlek. Fokus under dessa besök var att öka förståelsen för den aktuella miljön och vilka utmaningar som existerade. Syftet var att samla in data för hur interaktionen ser ut mellan manuella och autonoma fordon samt fotgängare. Intervjuerna och observationerna baserades på litteraturstudien och intervjuerna var ostrukturerade, se bilaga 1. Användare från olika industrier som nyttjat sådana system intervjuades. Intervjuerna var strukturerade och syftade till att skapa förståelse för de som använder både intertransport och taxitjänster. Observationer och intervjuer genomfördes framför allt hos Volvo Personvagnar, Volvo Lastvagnar, SKF, Zenuity och SSAB.

Analys av empirisk data

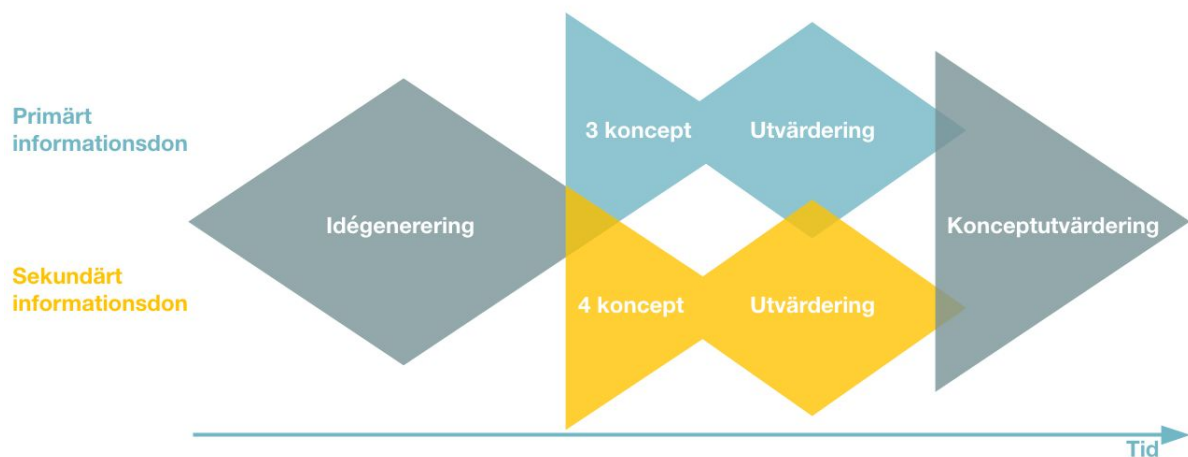
Analyserna syftade till att tolka empirin och målet var att skapa underlag för kravspecifikationen och idégenereingen. Den data som genererades av besöken, observationerna och intervjuerna analyserades främst med hjälp av KJ-analys. Datainsamling och analys var kontinuerliga aktiviteter då information varit tillgängligt vid olika tidpunkter.

6.2 Kravspecifikation

Utifrån KJ-analysen skapades en kravspecifikation, för fullständig specifikation se kapitel 9. Kravspecifikationen behandlade åsikterna från datainsamlingen och projektets givna förutsättningar. Kravspecifikationen utvecklades i syfte att strukturera och definiera det som lösningen måste uppnå för att vara applicerbar inom projektets ramar. Specifikationen delades upp efter de områden som undersöktes samt utefter användarscenariot. Initialt utformades även projektspecifika krav som endast är relevanta vid implementering på det specifika utvecklingsfordonet.

6.3 Idégenerering och konceptutveckling

Idégenereringen är en process som skett löpande, mer eller mindre explicit, under hela projektet. Idégenereringens syfte var att skapa jämförbara koncept som kunde utvärderas. Målet var att utvidga designrymden och generera kreativa lösningar. Idégenereringen genomfördes kring det primära informationsdonet för fordonets intentioner och kring det sekundära informationsdonet för interaktion med taxitjänsten, se figur 6.2. Idén kring att skapa ett separat sekundärt informationsdon skapades under den inledande idégenereringsprocessen. Detta gav upphov till en separat idégenereringsprocess för det sekundära informationsdonet.



Figur 6.2. Processen för konceptutveckling.

För att utveckla koncept utgick processen från en stor mängd idéer. Idéerna visualiserades med hjälp av enkla skisser, se figur 6.3.

Fordonets uttryck

Med syftet att fastställa hur gränssnittet ska uttrycka tillit utformades en semantisk ordskala:

Otydlig	-	Tydlig	Påträngande	-	Diskret
Svårförståelig	-	Lättförståelig	Spontan	-	Förutsägbar
Stressande	-	Lugnande	Obehaglig	-	Behaglig

Skalan genererades genom brainstorming utifrån den empiriska och teoretiska studien och användes till att utvärdera koncept. Tillit uppnås enligt den semantiska ordskalen när fordonets uttryck är tydligt, lättförståeligt, lugnande, diskret, förutsägbart och behagligt. Tydlig bedömdes vara en viktig del av uttrycket då användaren ska kunna ta del av fordonets beslutsprocess för ökad tillit. Lättförståelig används då tillit kan skapas genom att följa mentala modeller med syfte att användaren ska förstå fordonets intentioner på ett begripligt sätt. Ett lugnande uttryck bedömdes ge ökad tillit genom att visa vad fordonet uppfattat och därmed indikera att fordonet har avläst och kommer hantera situationen korrekt. Diskret används då ett sådant uttryck inte leder till ökad oro hos användaren. Tillit kan ökas genom ökad förutsägbarhet, vilket kan uppnås genom inre konsekvens. Ett behagligt uttryck ger ökad tillit då användaren känner sig mer säker och trygg med systemet. Utifrån skalan genererades varsin *moodboard* som i sin tur användes under idégenereringen för att fånga önskade egenskaper i fordonets uttryck. Tydlighet är, i sammanhanget, en kombination av enhetlighet och förutsägbarhet, om de uppfylls uppnås även kriteriet för tydlighet.

Primärt informationsdon

Under den inledande delen av idégenereringen användes trafiksituationer som ett medierande objekt i syfte att idégenerera kring informationsdon och hur fordonet ska visa sina intentioner. För att illustrera olika trafiksituationer användes enkla figurer av papper, skissade vägar och scenarion, se figur 6.4. För att generera idéer användes *braindrawing* och *brainstorming*. De användningssituationer som idégenererades kring var; vänta på att primäranvändaren ska gå in i fordonet, starta färd, avsluta färd, hinder, sväng, och tvärbroms. Situationerna relaterar till användarscenariot, se avsnitt 3.4.

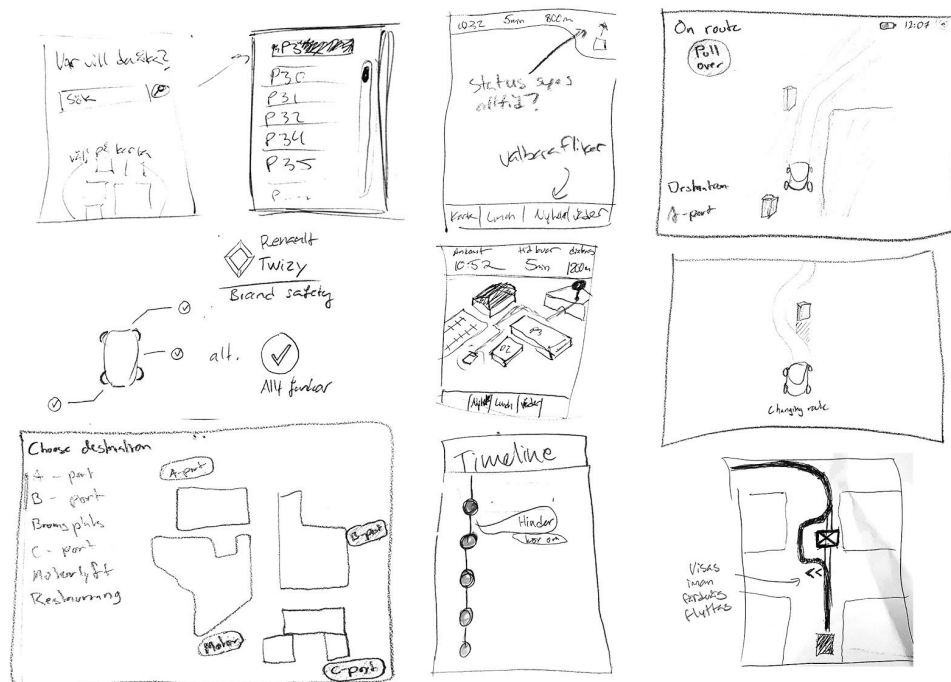
Utifrån de idéer som genererats utvecklades tre jämförbara koncept för det primära informationsdonet. De symboliserade tre olika sätt för fordonet att kommunicera sina intentioner både inåt och utåt. Koncepten visualiserades med hjälp av animationer.



Figur 6.4. Idégenerering utifrån trafiksituationer.

Sekundärt informationsdon

Under idégenerering för det sekundära informationsdonet utnyttjades kravspecifikationen. Likt idégenereringen kring det primära informationsdonet genomfördes *brainstorming* och *braindrawing*. Idéerna visualiserades med hjälp av enkla skisser och förklarande text, se figur 6.5. Processen resulterade i fyra olika konceptidéer.



Figur 6.5. Delar av resultatet från idégenerering kring det sekundära informationsdonet.

6.4 Konceptutvärdering

Syftet med att utvärdera koncepten var att skapa underlag för designval och val av koncept. Målet var att utveckla ett slutgiltigt koncept inför konceptverifieringen. Den initiala utvärderingen av koncepten skedde genom en diskussion med yrkesverksamma inom

fordonsindustrin som arbetar med utveckling av interaktionen med autonoma fordon. Under diskussionen presenterades tre jämförbara koncept med hjälp av animationer. Fördelar och nackdelar diskuterades kring varje koncept. Diskussionen genererade insikter och agerade som underlag för utvärderingen. Därefter utfördes en Pugh-matris för att utvärdera koncepten för det primära informationsdonet med de projektspecifika bedömningskriterierna och kravspecifikationen som grund. Poängsättningen anpassades för att tydligare utvärdera koncepten utifrån dessa. För varje individuellt krav gavs ett -, + eller 0. 0 innebär att konceptet uppnår kravet lika bra som referensen, + betyder bättre och - betyder sämre. Om konceptet får ett x uppfylls kravet ej, för fullständig matris se bilaga 4. För att utvärdera koncepten för det sekundära informationsdonet utnyttjades Jordans principer för god *usability* och kravspecifikationen. Konzeptutvärderingen resulterade i att ett koncept togs vidare till konceptverifieringen.

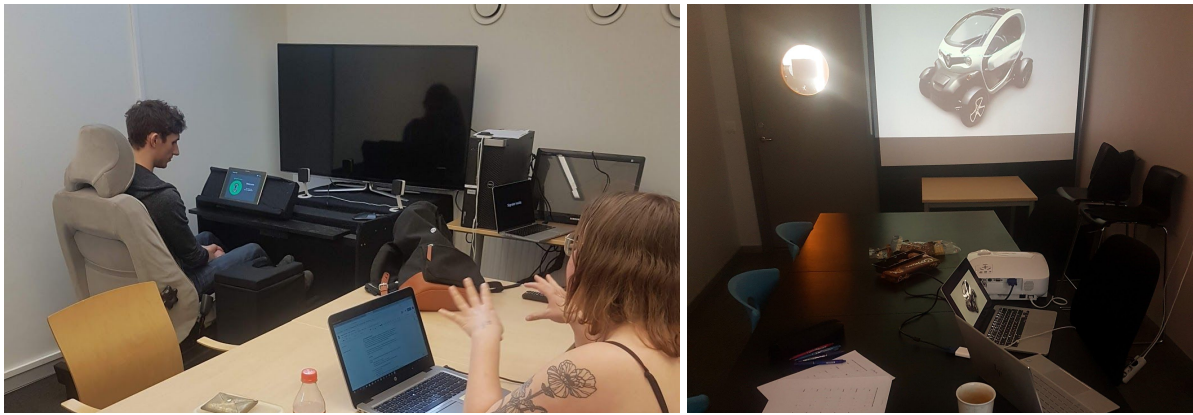
6.5 Konzeptverifiering

Syftet med verifieringen var att undersöka hur väl användarna förstod konceptet, både utifrån primär- och sidoanvändarnas perspektiv. Målet med verifieringen var att skapa en grund för eventuell vidareutveckling av konceptet. Totalt genomfördes 15 test, där sex testade primäranvändaren och nio sidoanvändaren. Varje test tog cirka 30 minuter att genomföra.

Verifiering för primäranvändare

Testet ämnade att undersöka hur en förstagångsanvändare hanterar gränssnittet. Både gränssnittet för det sekundära informationsdonet och konceptet för det primära informationsdonet testades, för fullständig intervjumall se bilaga 2. Genom att tilldela testpersonerna olika uppgifter och sedan undersöka hur väl de utförde dem kunde konceptets guessability undersökas.

Primäranvändarens upplevelse undersöktes genom ett test för fordonets insida. Testet utfördes i en isolerad miljö med en instrumentbräda, en bilstol och displayer för visualisering. En större display användes för att visualisera vindrutan och en mindre för att efterlikna displayen på fordonets instrumentbräda, se figur 6.6 vänster. För att testa det sekundära informationsdonet skapades en interaktiv mock-up i programvaran Adobe XD som testpersonerna ombads att utföra olika uppgifter på. Fordonets intentioner testades genom den större displayen som visade en vindruta med en LED-slinga.



Figur 6.6. Konceptverifiering för primäranvändaren, vänster, och sidoanvändaren, höger.

Testet utfördes på följande sätt; testpersonen sattes i en bilstol med displayen rakt framför sig. Inledningsvis ställdes frågor om testpersonens syn och inställning till autonoma fordon. Därefter påbörjades testet för det sekundära informationsdonet. Testpersonerna instruerades att utföra uppgifter med hjälp av scenarion och ombads förklara sina val av interaktion. Instruktionerna baserades på resans tre delar. Testpersonen ombads att starta, färdas och avsluta sin resa. De ombads att ange resmål som var både kända och okända för dem. För att kunna genomföra representativa tester som efterliknar ett fabriksområde användes Chalmers campus. Testpersonerna hade övergripande kunskap om området och byggnaderna.

Efter testet av det sekundära informationsdonet påbörjades verifieringen av det primära informationsdonet. Olika signaler visades med hjälp av animeringar på den större displayen, se figur 6.6 vänster. Testpersonen ombads att tolka signalen utifrån givna scenarion, värdera säkerhet på svaret och uttrycka åsikter om signalerna. Testpersonen ombads sedan att värdera fyra signalpar med samma intention där signalernas betydelse var kända och testpersonens preferens och bakomliggande orsak efterfrågades. Avslutningsvis ombads testpersonen att värdera konceptets helhet utifrån den semantiska ordskalan med syftet att undersöka hur konceptets helhet bedöms ur ett tillitsperspektiv.

Verifiering för sidoanvändare

För att verifiera sidoanvändarens upplevelse utformades ett test för det primära informationsdonet, för fullständig intervjumall se bilaga 3. Testet ämnade att undersöka konceptets *guessability* och användarupplevelse. Det utfördes i en isolerad miljö med en projektor som visade fordonets signaler som animeringar, se figur 6.6 höger.

Testet gick till på följande sätt; testpersonen fick svara på om de hade körkort och deras inställning till autonoma fordon. Testpersonen instruerades att tolka signaler utifrån scenarion, berätta vad signalen betyder, värdera hur säkra de var på svaret och slutligen uttrycka åsikter om signalen. Tio olika signaler testades och testpersonen var medveten om att olika signaler kunde visa samma intention. Testpersonen ombads sedan att värdera fyra signalpar med samma intention; på samma sätt som i testet för primäranvändaren. Avslutningsvis ombads testpersonerna att värdera konceptet utifrån den semantiska ordskalan för att verifiera konceptets uttryck för tillit.

6.6 Vidareutveckling av slutkoncept

Syftet med att analysera den data som verifieringen genererat och vidareutveckla konceptet var att anpassa lösningen efter testpersonernas åsikter. Målet var att öka förståelsen och förbättra upplevelsen av konceptet.

Primärt informationsdon

Testpersonernas tolkningar av signalerna delades upp i tre kategorier, rätt, nästan rätt och fel. Fel innebar de tolkningar som potentiellt kunde resultera i trafikfara, rätt var en fullständigt korrekt tolkning och nästan rätt var tolkningar som inte riskerar trafikfara. Skattad säkerhet gjordes till ett medelvärde. Vid korrekta gissningar är ett högt medelvärde positivt då användarna med säkerhet har uppfattat signalen rätt. Vid inkorrekta gissningar är högt medelvärde negativt då användarna är säkra trots att de tolkat fel.

För att undersöka vilka av de jämförda signalerna som föredrogs samlades testpersonernas svar och jämfördes med de initiala tolkningarna av signalerna. Detta gjordes för att undersöka om deras föredragna signal också var den som var lättast att tolka. Kommentarer kring varje signal samlades även genom en enkel KJ-analys för att vid vidareutveckling kunna överskåda och ta hänsyn till kommentarerna. Svaren från den semantiska ordskalan samlades till ett medelvärde samt max- och minvärde.

Sekundärt informationsdon

För att utvärdera hur väl testpersonerna utförde en given uppgift utvecklades en skala. Skalan gick från 0 till 3 där 3 var en väl löst uppgift, 2 motsvarade löst uppgift efter tid och närmare undersökning, 1 motsvarade att testpersonen löste uppgiften efter ledning från testledaren och 0 motsvarade att testpersonen inte klarade uppgiften trots ledning. Skalan underlättade analys av styrkor och svagheter i systemet

Testpersonernas åsikter om gränssnittets utformning samlades i en enklare KJ-analys där åsikterna från intervjuerna kategoriserades utifrån specifika delar av gränssnittets layout. Detta för att kunna navigera mellan åsikterna enklare och identifiera vad som uppskattas och inte. Åsikter om både funktionalitet, placering och utformning sammanställdes.

Framtagning av slutkoncept

Utifrån den data som genererades i verifieringen vidareutvecklades både det primära och sekundära informationsdonet. Med hjälp av brainstorming och resultat från verifiering justerades konceptet för att skapa högre måluppfyllnad. För att visualisera slutkonceptet användes stillbilder och animationer.

Framtida implementering

Syftet med att skapa en plan för implementering av slutkonceptet är att ge förutsättningar för framtida utvecklingsarbete, för fullständig plan se bilaga 6. Målet är att fordonet ska ha en touchdisplay samt LED-slingor. För att säkerställa möjligheten till implementation har olika tillgängliga lösningar undersökts. Planen har skapats utifrån fordonets förutsättningar

och de tekniska begränsningar som är aktuella. Den innefattar nödvändiga förändringar och vägledning för att realisera slutkonceptet.

07

MARKNADSANALYS

I kapitlet presenteras resultat och tolkning av den marknadsanalys som genomfördes, för metod se kapitel 5.

Välkända biltillverkare som Volvo, Mercedes-Benz och Nissan utvecklar autonoma fordons design för interaktion, både mot passagerare och medtrafikanter. Nyligen har Uber och Google intagit marknaden och investerar i utvecklandet av autonom teknologi och autonoma transporttjänster. (Cuthbertson, 2018)

Volvo 360c

Det finns olika lösningar på hur ett fordon kan kommunicera sina intentioner. Volvos konceptbil 360c utnyttjar lysdioder runt hela bilens utsida och kombinerar dem med lågfrekventa ljudsignaler i syfte att påkalla uppmärksamhet och visa fordonets intentioner i trafiken (Volvo Cars, 2018). På insidan är bilen utrustad med liknande lysdioder vilket bidrar till inre konsekvens. Konceptet är diskret nog för att inte vara distraherande i trafiken. Slingans svagheter är att den kan uppfattas som för subtil och svårtolkad för en passagerare eller medtrafikanter utan tidigare erfarenhet.

Mercedes-Benz 015

Mercedes-Benz koncept 015 koncept har en stor LED-display i bilens front som används för att visa vad bilen detekterar. På marken kommuniceras bilens intention med projicerade symboler (Mercedes-Benz, 2015). Att använda projektioner i marken för att visa fordonets intentioner har fördelar. Eftersom passageraren ser projektionen i vägen genom vindrutan krävs ingen spatial transformation mellan informationsdon och den riktiga världen, vilket i sin tur medför god kognitiv ergonomi. Projektionerna kan dessutom anta vilken form som helst med hög detaljrikedom vilket erbjuder flexibilitet och tydlighet. Nackdelen med tekniken är att den är känslig för väder och får olika uttryck vid till exempel starkt solljus och nederbörd.

Nissan IDS

Nissans koncept IDS använder sig av uppmuntrande text i stil med *After you* för att indikera för fotgängare att fordonet väntar vid ett övergångsställe (Nissan, 2015). Att uppmana fotgängare till handling kan inge en falsk trygghet som gör att fotgängaren tar beslut baserat på otillräcklig information; som att bedöma att det är säkert att gå över gatan utan att se till trafiksituationen i sin helhet. Nissan visar också vad bilen detekterar utåt genom att markera fotgängares position på ett segment av en LED-display i bilens front.

08

ANVÄNDNINGSKONTEXT

I kapitlet presenteras resultatet från den empiriska studien, analysen av resultatet och vilka krav den resulterat i. Användarnas behov kunde kartläggas genom datainsamling i form av intervjuer och studiebesök sedan analyseras datan, för genomförande se avsnitt 6.1.

8.1 Transportvanor

Användningsfrekvensen av interna transportsystem varierar. De mest frekventa användarna nyttjar tjänsten flera gånger per dag medan andra inte ville eller hade behov av att använda den mer än några gånger per år. På många fabriksområden saknades lösningen helt och användarna transporterades sig till fots eller med egna bilar. Sträckan som användarna färdades varierade och sträckans längd var enligt flera en anledning till behovet av en transporttjänst. Den maximala sträckan som någon av de intervjuade färdades var 3 km. De flesta användarna som uttryckte ett behov av en taxitjänst färdades 1 km eller mer per tillfälle och förflyttade sig vid flera tillfällen varje vecka. De intervjuade användarna uttryckte att de hade kunskap om vart de ska och att de kan nämna sin destination vid namn. Däremot var det flera som inte ansåg sig vara fullständigt bekanta med områdets geografi. Under resan utnyttjas tiden enligt användarna till att svara på mejl, ringa ett samtal, konversera med taxichauffören eller att inte göra någonting. Det fanns även tillfällen då de under resans gång ändrade sitt resmål vilket antingen gjordes genom att be chauffören anpassa sin planerade körning eller invänta en annan hållplats att gå av vid.

Flera användare uttryckte väder som en viktig faktor för deras användning. De ansåg att transportera sig inomhus inte var ett lika stort problem som utomhus. I kallt väder och regn kunde flera användare tänka sig att vänta och få en restid uppemot tre gånger så lång som att gå för att inte behöva vistas utomhus.

“Jag kör bil kanske mellan 4-5 gånger i veckan. Men inte när bilen krånglar eller om jag måste skrapa rutan. Går jag tar det 12 min, det är ca 1,5 km”

- Tjänsteman

Analys Transportvanor

För att användarna ska nyttja taxitjänsten krävs det att processen inte är för omständlig eller tidskrävande. Var tidsgränsen gick kunde skilja sig mellan olika användare och fabriksområden då de verkar ha anpassat sig efter den nuvarande tjänstens ramar. Om det var dåligt väder kunde de dessutom tänka sig att vänta en betydligt längre tid än vad det hade tagit att gå. Skydd mot väder var alltså en viktigare faktor för systemets användning än effektivitet enligt de anställda. Däremot ansåg de som arbetar med logistik i fabrikena att taxitjänstens effektivitet var avgörande för att en intern transportlösning skulle användas

och vara kostnadseffektiv. Användarna uttryckte inte ett stort behov av att tjänsten skulle gå att anpassa, men samtidigt beskrev många hur chauffören kunde stanna till under färden där det önskades. Det finns därför ett outtalat behov för anpassning under resans gång.

Krav utifrån transportvanor

Kravlistan delas upp i generella krav som gäller för både primär- och sidoanvändare, krav som gäller enbart primäranvändare och krav som gäller sidoanvändaren, för genomförande se avsnitt 6.2.

Passagerare - primär

Fordonet ska möjliggöra för passagerare att;

- ange resmål utifrån ett begränsat antal alternativ
- starta resa
- avbryta, pausa och ändra resmål under färden
- visa beräknad tid och/eller sträcka till destinationen - önskvärt

Medtrafikant - sido

- Fordonet ska visa om det är ledigt eller bokat - önskvärt

8.2 Interna taxitjänster

Taxitjänstens utformning varierade mellan olika företag. Ett företag hade en beställningstjänst via telefon där användaren angav två av de förutbestämda hållplatserna för upphämtning- respektive avlämningsplats. Därefter fick användaren en uppskattad väntetid. Hos det företaget fanns två minibussar som förflyttade personalen. Det innebar att fordonens rutt varierade beroende på beställningarna. Tiden för transporten kunde variera, både gällande väntetid och transporttid. Dels för att antalet passagerare varierade under dagen men även eftersom personer släpptes av på olika ställen utifrån en turordning som både tog hänsyn till beställningstid och geografisk placering.

Ett annat företag använde sig istället av en intern busstjänst i form av en minibuss som åkte en förutbestämd rutt med avgångar var 10-15:e minut. Avgångstiderna följde en tidtabell som visades med en skylt vid varje hållplats. Vid ombordstigning angav användaren den hållplats den ville åka till och blev sedan avsläppt i ordningen som hållplatserna kom i. Personalen kunde därför avgöra både förväntad väntetid och ungefärlig transporttid. Däremot fanns det ingen garanti på att det fanns plats i bussen då ingen bokning gjordes. Bussarna avgick tillräckligt frekvent för att användarna skulle göra antagandet att det alltid fanns lediga platser vilket också ofta stämde.

Det taxi- och busschaufförerna tillförde utöver att transportera personal är att de hjälpte personalen att hitta rätt genom att hänvisa dem till korrekt dörr. Under färden kunde passagerare samtala med chauffören vilket sågs som ett positivt mervärde.

“Framförhållningen är svår. Ibland är den [interntaxin] på andra sidan området [av fabriksområdet] och har en kö av beställare”

- Produktionsingenjör

Analys Interna taxitjänster

Under intervjuerna tydliggjordes att målgruppen hade rutiner som de tyckte fungerade effektivt trots att effektiviteten skiljde sig mellan de olika systemen och vid olika tillfällen. För att underlätta användarnas planering bör det vara möjligt att se planerad rutt, ankomsttid och eller restid. De som arbetar i fabrikerna kunde olika mycket om områdena, det varierade beroende på vad de arbetade med. Det är därför viktigt att den autonoma taxitjänsten erbjuder flera sätt att välja destination som passar både mer och mindre erfarna användare. När chaufförerna inte längre är en del av taxitjänsten är det önskvärt att erbjuda någon ersättande form av mervärde i fordonet. Även chaufförens informerande och bekräftande roll är viktig att ta vara på i den autonoma lösningen för att uppfylla användarnas behov.

Krav utifrån interna taxitjänster

Kravlistan delas upp i generella krav som gäller för både primär- och sidoanvändare, krav som gäller enbart primäranvändare och krav som gäller sidoanvändaren, för genomförande se avsnitt 6.2.

Passagerare - primär

Fordonet ska;

- erbjuda flera sätt att välja destination
- bekräfta att passageraren kommit till rätt destination
- bekräfta att passageraren kan lämna fordonet säkert
- visa planerad rutt, ankomsttid och/eller restid
- tacka för resan - önskvärt
- säga till att passageraren har glömt något i fordonet - önskvärt
- erbjuda mervärde i form av underhållning och praktisk information - önskvärt
- erbjuda sammanfattning av resan efter avslutad färd - önskvärt

Medtrafikanter - sido

- Avsedda hållplatser ska vara markerade

8.3 Inställning till autonoma fordon

Inställningen till autonoma fordon i allmänhet varierade kraftigt mellan intervjuobjekten. De mest positivt inställda uttryckte ett intresse och en fascination för fordonen samt förtroende till tekniken bakom dem. De mest negativt inställda uttryckte en misstro och jämförde med annan teknik som inte fungerar som den ska. De ansåg att de autonoma fordonen aldrig kommer kunna agera lika bra som med en mänsklig chaufför. Samt att de kunde vara svåra att tyda då de har ofta bara har en ljussignal. Vidare uttryckte de oro kring problem som skulle kunna skapas av underutvecklade autonoma lösningar. De flesta såg dock positivt på autonoma fordon men sades agera försiktigt kring dagens lösningar och system. Det fanns ingen korrelation mellan vana och inställning till autonoma fordon.

"Lite ovant men man vänjer nog sig"

- Tjänsteman

*"Manuella förare har inte förstått hur trucken ska agera,
de är svåra att tyda ibland"*
- Produktionsingenjör

Analys av inställning till autonoma fordon

Flera av de intervjuade litade inte på att den autonoma tekniken fungerade och uppgav att de skulle behöva använda tjänsten många gånger för att bli trygga med den. Det är därför viktigt att visa att allt fungerar korrekt och att fordonet kommunicerar med användaren på ett tydligt sätt. Passageraren och medtrafikanterna ska förstå vad taxin avser att göra. Om en trafiksituation dyker upp som alarmerar passageraren ska också fordonet uttrycka uppmärksamhet för att visa att systemet har ansvaret. Fordon och kommunikation bör också ge samma uttryck på ett sätt som stämmer överens med användarens mentala modell.

Krav utifrån inställning till autonoma fordon

Kravlistan delas upp i generella krav som gäller för både primär- och sidoanvändare, krav som gäller enbart primäranvändare och krav som gäller sidoanvändaren, för genomförande se avsnitt 6.2.

Passagerare - primär

- Fordonet och informationsdonet ska stämma överens med användarens mentala modell

Fordonet ska kommunicera;

- fordonets funktionella status
- fördelning av ansvar för fordon respektive primäranvändare
- sin funktionella status

Fordonet ska medge sikt för primäranvändaren i olika väderförhållanden - önskvärt

Medtrafikanter - sido

- Fordonet och informationsdonet ska stämma överens med användarens mentala modell

8.4 Interna trafikregler

I fabriksområden är både produktivitet och säkerhet mycket viktiga faktorer. De flesta anläggningar använde sig därför av trafikregler enligt svensk lag men med undantaget att fordon hade företräde även över fotgängare. Anledningen till detta var för att säkerställa att produktionen skulle flyta på ostört.



Figur 8.1. Illusorisk bild över markeringar i fabriksmiljö.

Generellt hade fordon med direkt koppling till produktionen högst prioritet följt av autonoma taxibilar, cyklar och sparkcyklar och slutligen fotgängare. På fabriksgolvet fanns markeringar som genom färger och mönster visade var det var tillåtet att gå, var det krävdes uppmärksamhet och var det inte var tillåtet att gå, se figur 8.1. Övergångsställen markerade ofta inte att fotgängare hade företräde utan bara att de tilläts gå över där, förutsatt att det inte påverkade övrig trafik. För att uppmärksamma trafikregler hade de flesta fabriker krav på säkerhetsgenomgångar för att få vistas på området. Detta gällde både för anställda och för besökare. Det förekom även utomstående trafikanter som inte fått en säkerhetsgenomgång till exempel externa lastbilschaufförer. Dessa skulle följa svenska trafikregler men anpassade ibland sitt körsätt inne på området.

"Högerregel gäller men störst går ändå först"

- Transportansvarig

Analys Interna trafikregler

Prioriteringen av fordon påverkar interna taxitjänster. Tjänsten skulle kunna spara tid för passagerarna och därmed låta dem lägga mer tid på sitt arbete. Däremot finns det betydligt större förluster i en fabrik om en sådan tjänst skulle hindra leveranser från andra fordon. För att en autonom intern taxitjänst ska vara intressant för företag ställs höga krav på att produktionens effektivitet inte får påverkas. De uttryckte också att hänsynstagande till fotgängare skulle kunna göra tjänsten mycket ineffektiv. Nedprioritering av hänsynstagandet till fotgängare påverkar interaktionen mellan fordonet och användarna; lösningen bör därmed inte uppmuntra fotgängare att passera körbanan då dessa prioriteras lägst.

Trafikreglerna på fabriksområden varierar vilket försvårar för besökare och externa parter som rör sig inom området. Lösningen bör därför kommunicera på ett sätt som är lätt att förstå, även om inte utbildning av användarna genomförts. Eftersom fordonet kommer förflytta sig med och utan passagerare är det viktigt att det indikerar skillnad mellan att stå stilla och börja förflytta sig så andra trafikanter kan förhålla sig till det. Även då passagerare går ut ur och in i fordonet bör fordonet indikera det så att andra trafikanter kan anpassa sig.

Krav utifrån interna trafikregler

Kravlistan delas upp i generella krav som gäller för både primär- och sidoanvändare, krav som gäller enbart primäranvändare och krav som gäller sidoanvändaren, för genomförande se avsnitt 6.2.

Generella krav

- Fordonet ska anpassa sig efter interna trafikregler

Fordonet ska kunna kommunicera följande intentioner för primär- och sidoanvändare:

- Acceleration
- Retardation
- Back
- Sväng
- Omkörning
- Inväntan på passagerare
- Tvärbroms

Medtrafikanter - sido

- Fordonet ska kommunicera att det är aktivt
- Fordonet ska ej uppmana sidoanvändare till handling

8.5 Miljön i fabriksområdet

Många fabriker har en ljudnivå över arbetsmiljöverkets riktlinjer vilket gör att det finns krav på hörselskydd och att lägre ljudnivåer inte hörs. De flesta av de intervjuade uttryckte problem kring ljudnivåerna, exempelvis att det lät för mycket, speciellt i lokalerna. Om fabrikena ska ta in autonoma taxifordon ska deras störningsmoment minimeras, både visuellt och audiellt. Utomhus är området sällan lika anpassat för gång som inne i byggnader. På flera ställen utomhus saknades dedikerade gångstråk vilket gjorde att fotgängarna och fordonen fick anpassa sig vilket på vissa områden var en säkerhetsrisk.

“Vi har problem med ljudnivån idag, många maskiner som låter mycket.

Det är krav på hörselkåpor på vissa ställen inomhus”

- Fastighetschef

“Vi kan inte ha massa robotar som blinkar och dånar i framtiden,

kommer vara för många”

- Forskningsingenjör

För att öka säkerheten i fabriken använder många företag sig av så kallade *Bluespot* på sina manuella och autonoma truckar. *Bluespot* är ett optiskt varningssystem som ständigt lyser med en blå punkt i golvet i den färdriktning som fordonet färdas. På så sätt uppmärksammas omgivningen på att ett fordon närmar sig med en viss riktning och hastighet. Tekniken är särskilt användbar vid hörn där den dolda sikten annars medför en

stor säkerhetsrisk för både fotgängare och andra fordon. Ljuset kan vara svårt att tyda i starka ljusförhållanden.

"Truckarna är värre, de kör fortare och dyker upp bakom väggarna. Deras lampor syns inte på dagtid"

- Tjänsteman

Analys Miljön i fabriksområdet

I fabriker kan ljudnivån vara hög vilket gör att personal använder sig av hörselskydd. I en framtida fabrik med många autonoma fordon kommer det också bli problematiskt om alla kommunicerar på ett väldigt uppmärksamhetskrävande vis. Eftersom elfordon är tysta när de kör måste sådana kommunicera på andra sätt. Med anledning av detta bör lösningen inte förlita sig på ljudsignaler gentemot varken passagerare eller medtrafikanter. Vid användning av audiella signaler utåt bör de användas restriktivt för att inte bidra till ökad bullernivå. Ljus har en viss restriktivitet gällande färg och styrka för att inte konkurrera med signaler av högre prioritet. Däremot måste fordonet ändå kommunicera tydligt och ta hänsyn till ouppmärksamma fotgängare som kan röra sig i samma vägbana.

Krav på *Bluespot* var något som många fabriker har idag då det erbjuder en varning när sikten är skydd. Vid alldeles för ljusa förhållanden är dock dess visibilitet mycket begränsad och uttrycktes vara problematisk. En autonom taxi borde därför både ta hänsyn till att kunna kommunicera vid skydd sikt och starkt ljus.

Krav utifrån fabriksområde

Kravlistan delas upp i generella krav som gäller för både primär- och sidoanvändare, krav som gäller enbart primäranvändare och krav som gäller sidoanvändaren för genomförande se avsnitt 6.2.

Generella krav

- Fordonet ska ej förlita sig på audiella signaler
- Fordonet ska kommunicera via signaler som ej associeras med andra signaler i fabriken

Fordonet ska ta hänsyn till;

- att medtrafikanter inte uppmärksammar fordonet
- olika väderförhållanden, temperatur, sikt, ljus och underlag

09

KRAVSPECIFIKATION

I kapitlet presenteras en kravspecifikation som den teoretiska och empiriska studien resulterat i utifrån användarscenario i avsnitt 3.4. Kravspecifikationen är uppdelad i tre moment: inleda resa, resa och avsluta resa med gemensamma och specifika krav för primär- respektive sidoanvändare under varje del. Dessa kompletteras med generella krav, som är relevanta under hela interaktion med fordonet. Slutligen specificeras även projektspecifika krav, för genomförande se avsnitt 6.2.

Generella krav

Generella krav är de krav som användarna ställer på systemet i inledning av resa, resa och avslutande av resa.

Passagerare och medtrafikanter - primär & sido

- Fordonet och informationsdonet ska stämma överens med användarens mentala modell

Fordonet ska visualisera sin process;

- genom att visa intentioner

Fordonet ska;

- ej förlita sig på audiella signaler
- använda inre konsekvens mellan insida och utsida för interaktionen - *önskvärt*

Passagerare - primär

- Medge sikt för primäranvändaren i olika väderförhållanden - *önskvärt*

Fordonet ska kommunicera;

- fordonets funktionella status
- fördelning av ansvar för fordon respektive primäranvändare

Fordonet ska;

- anpassa sig efter interna trafikregler
- ska kommunicera via signaler som ej associeras med andra signaler i fabriken

Medtrafikanter - sido

- Avsedda hållplatser ska vara markerade

Fordonet ska ta hänsyn till;

- att medtrafikanter inte uppmärksammar fordonet
- olika väderförhållanden, temperatur, sikt, ljus och underlag

Fordonet ska;

- kommunicera på ett sätt som är tydligt, förståeligt och oberoende av språk för medtrafikanter
- förmedla att det är autonomt
- ej uppmana sidoanvändare till handling
- anpassa sig efter interna trafikregler
- ska kommunicera via signaler som ej associeras med andra signaler i fabriken

Inleda resa

Användaren öppnar dörren till fordonet och sätter sig inuti. Inledandet av resa avslutas då fordonet börjar rulla.

Passagerare - primär

- Visa beräknad tid och/eller sträcka till destinationen - *önskvärt*

Fordonet ska;

- erbjuda flera sätt att välja destination

Fordonet ska möjliggöra för passagerare att;

- ange och ändra ett eller flera resmål utifrån ett begränsat antal alternativ
- starta resa

Medtrafikanter - sido

- Fordonet ska kommunicera att det är aktivt
- Fordonet ska visa om det är ledigt eller bokat - *önskvärt*

Resa

Resan pågår under hela tiden då fordonet förflyttar sig eller väntar på hinder.

Passagerare och medtrafikanter - primär & sido

Fordonet ska visualisera sin process genom att visa objekt som fordonet detekterar - *önskvärt*

Fordonet ska kunna kommunicera följande intentioner för användaren;

- Acceleration
- Retardation
- Back
- Sväng
- Omkörning
- Inväntan på passagerare
- Tvärbroms

Passagerare - primär

Fordonet ska;

- möjliggöra för en passagerare att avbryta, pausa och ändra resmål under färden
- visa planerad rutt, ankomsttid och/eller restid
- visualisera tidigare prestation av automation
- erbjuda mervärde i form av underhållning och praktisk information - *önskvärt*

Avsluta resa

Avslutandet av resan påbörjas i samma stund som fordonet upphör att röra på sig för att medge avstigning. Sista steget i avslutandet är då användaren stiger ur fordonet och stänger dörren.

Passagerare - primär

Fordonet ska;

- bekräfta att passageraren kommit till rätt destination
- bekräfta att passageraren kan lämna fordonet säkert
- tacka för resan - *önskvärt*
- säga till att du glömt något i fordonet - *önskvärt*
- erbjuda sammanfattning av resan efter avslutad färd - *önskvärt*

Projektspecifika krav

Utformning

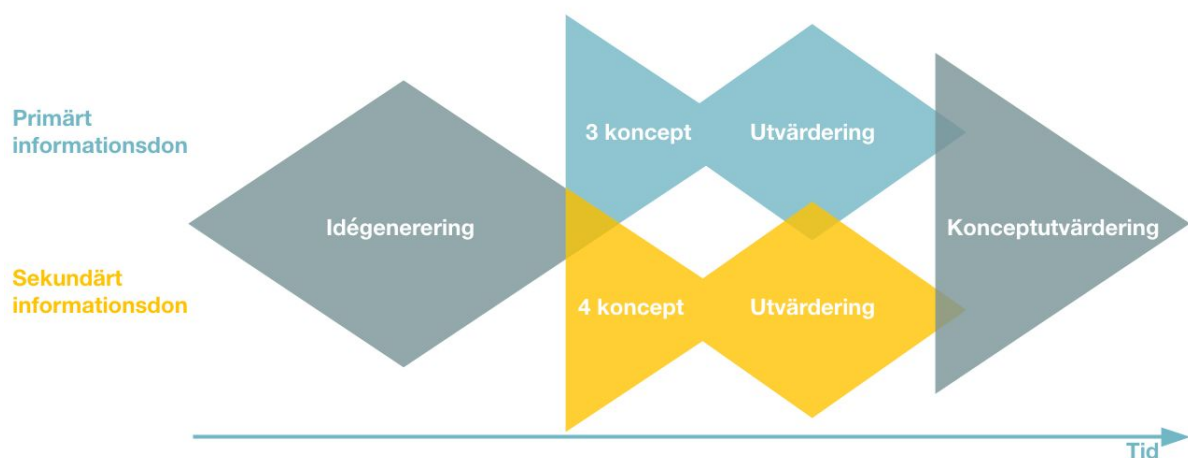
- Utformning och dimensioner ska möjliggöra implementering i en Renault Twizy
- Utformningen ska vara möjlig att utveckla inom projektets tidsram och budget
- Utformningen av instrumentpanelen ska tillåta enkel åtkomst till fordonets elektronik

10

KONCEPTUTVECKLING

I kapitlet presenteras grundläggande designbeslut som utvecklingsarbetet utgått ifrån, resultat från idégenereringen, sammanställda koncept och resultatet från utvärderingen samt vidareutveckling, för genomförande se avsnitt 6.3.

Konceptutvecklingen har bestått av idégenerering, konceptsammanställning, utvärdering och vidareutveckling, se figur 10.1. Denna process har genomförts för både det primära och det sekundära informationsdonet gemensamt och resulterat i varsitt slutkoncept.



Figur 10.1. Processen för konceptutveckling.

10.1 Grundläggande designbeslut

Processen har resulterat i designbeslut som ligger till grund för resten av utvecklingsarbetet. Designbesluten motiveras utifrån resultaten i de teoretiska och empiriska studierna.

Uppdelning av informationsdon

Beslut togs att använda två separata kommunikationssystem, ett primärt informationsdon för fordonets intentioner och ett sekundärt som tillåter primäranvändaren att se mer översiktlig status och ge input till systemet; välja resmål, avbryta färden. Separationen gör det möjligt att integrera det primära informationsdonet i designen på ett sätt som gör att det uppfattas som en naturlig del av fordonet, vilket i sin tur har syftet att öka tillit till dess funktionella prestation.

Det enda sättet användaren kan interagera med fordonets mobilitet är genom det sekundära informationsdonet. Informationsdon som inte erbjuder interaktion bör därmed tydligt

separeras. Det kan göras visuellt exempelvis genom att tydligt gruppera interaktionsdon och öka likheten med andra interaktionsdon.

Separation av de två kommunikationssystemen möjliggör enklare användande av olika medier för information. De två systemen har olika krav; exempelvis är det inte lämpligt att använda text för kommunikation mot medtrafikanter eftersom de kan befinna sig på ett avstånd där texten bli oläslig. För kommunikation mot primäranvändaren är text i allmänhet mer användbart, i synnerhet gällande det sekundära informationsdonet. Detta då det uppstår en likhet med konventionella metoder för att ange destinationer i exempelvis GPS:er.

Display som sekundärt informationsdon

Beslut togs även att använda en pekskärm som sekundärt informationsdon på grund av dess naturliga sätt att hantera input och dess flexibilitet gällande att visa information med hög detaljrikedom. Användarnas vana vid att använda pekskrmar kan också antas vara hög eftersom de återfinns i telefoner och i andra produkter som de flesta interagerar med i sin vardag. Pekskrmar har dessutom blivit allt vanligare i fordon för att låta användaren interagera med funktioner. Att använda en pekskärm följer på så sätt konventioner och medger därigenom *consistency* och *appropriate transfer of technology* från liknande system.

10.2 Tre koncept för primärt informationsdon

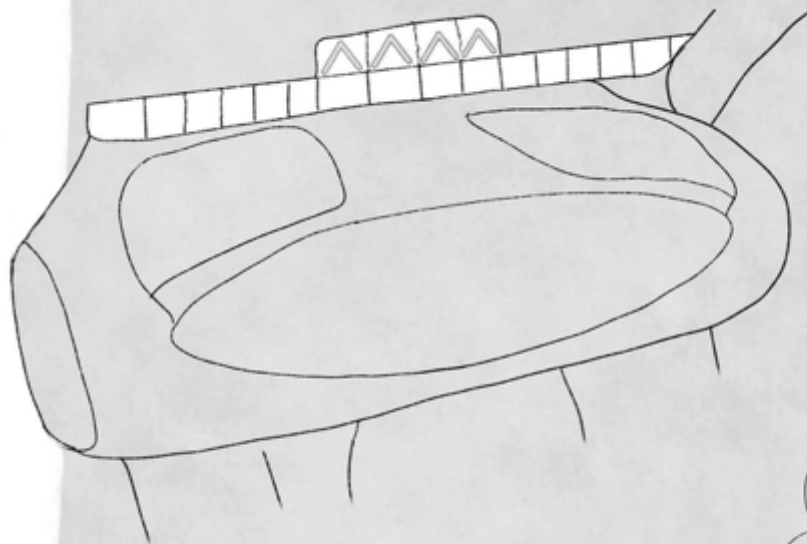
De tre koncepten som utvecklades för det primära informationsdonet använder olika metoder för att kommunicera intentioner. Koncept A använder små displayer med symboler, koncept B använder en LED-slinga för att med olika rörelsemönster och Koncept C projicerar tecken på marken framför fordonet för att visa fordonets intentioner, se figur 10.2.

Koncept A

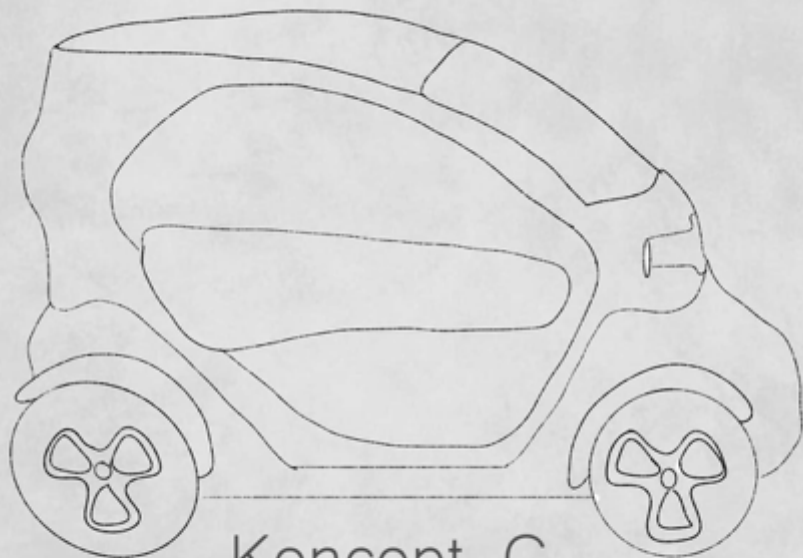
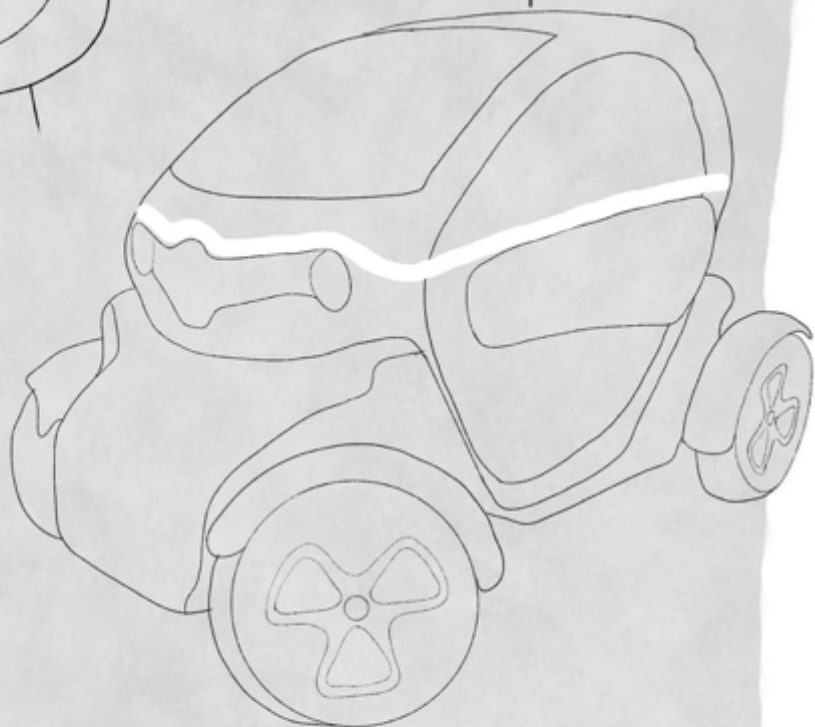
Genom att använda enkla LED-displayer kan fordonet med hjälp av symboler eller text kommunicera med användarna. Displayerna placeras på insidan, längs med vindrutans nederkant och på utsidan längs med kurvaturen på fordonets front. LED-displayerna innehåller ett antal dioder som lysa upp för att visa enkla symboler, se figur 10.2. Displayerna kopplas samman till en lång rad som utöver att visa symboler kan visa var i förhållande till fordonet hindret befinner sig. Passageraren kan, utöver att se var fordonet detekterar ett objekt, dessutom få bekräftat att fordonet kan skilja på en människa och ett statiskt hinder. Visualisering av olika typer av hinder kan ge ökad tillit för lösningen.

Konceptet använder sig av enkla symboler i form av streckgubbar och rektanglar för att indikera när fordonet detekterar människor eller objekt. Pilar används för att indikera fordonets intentioner och kan vara riktade framåt vid acceleration eller åt sidorna vid svängar. Genom att symbolerna byter färg, till exempel från blått till oranget indikerar fordonet att objektet eller människan är nära och att den kommer sakta ned.

Koncept A



Koncept B



Koncept C



Koncept B

För att kommunicera intentioner utnyttjar konceptet rörelsemönster som visualiseras med hjälp av en LED-slinga. Slingan placeras längs vindrutans nedre kant på insidan och längs med fordonets kaross, se figur 10.2. Slingan kan lysa upp olika segment i olika färger för att indikera objekt den läser av i sin omgivning och var i förhållande till fordonet de befinner sig. Genom animerade ljus-sekvenser längs slingan kan olika intentioner kommuniceras till passagerare och medtrafikanter utan att vara påträngande. Konceptet är oberoende av språk och kan tydas på långt avstånd. På insidan kan LED-slingan fungera som ett passivt informationsdon när primäranvändaren inte har sin uppmärksamhet direkt riktat mot det. Detta eftersom ljuset kan uppfattas i periferiseendet även om passageraren fokuserar på något annat, exempelvis sin mobiltelefon.

Konceptet använder sig av olika animerade sekvenser, svängar indikeras genom att lysa upp segment på sidan och därmed efterlikna blinkers. Vid väntan kan segment flytta sig längs slingan långsamt för att likna en symbol för att vänta eller läsa in. Symbolerna går att hitta i andra digitala gränssnitt och förmedlar att den inte tänker göra något aktivt under tiden.

Koncept C

Konceptet utnyttjar projektioner för att kommunicera sina intentioner. Projektorn placeras på fordonets tak eller inbyggt i bilen och riktas nedåt mot marken. Projektionerna kan ses av både passagerare och medtrafikanter, se figur 10.2. Genom att använda en projektor kan fordonet visa sina intentioner på en rad olika sätt. Projektionerna kan både vara fasta symboler som visas på körbanan men även rörliga bilder som anpassar sig och visas på och omkring objekt i miljön. Konceptet låter passageraren inuti fordonet se direkt igenom rutan vad fordonet gör i förhållande till miljön och behöver inte översätta och tolka information mellan skärmar. Genom att använda blå pilar eller andra symboler i marken framför fordonet ersätts den nuvarande Bluespot-lösningen och uppmärksammar även de medtrafikanter som går runt hörn eller befinner sig i andra skymda miljöer.

I konceptet används pilar, streck eller prickar som tänds i ökande hastighet för att indikera att fordonet accelererar. Vid svängar förflyttar sig dem i svängens riktning och visar därmed var på körbanan den planerar att åka. När fordonet inväntar kan streck och prickar istället röra sig lodrätt på ett sätt som förmedlar att det väntar.

10.3 Utvärdering av primärt informationsdon

Utifrån diskussionen med yrkesverksamma utvecklare framkom bland annat att gul, som är en färg kopplad till varning, inte borde användas på insidan eftersom passagerare inte kan eller ska ingripa. Att se varningar för människor och hinder på körbanan gör passageraren varse om dem utan att ge denne något alternativ för att flytta dem vilket kan leda till stress och oro. Att inte få information om systemets kapacitet och begränsningar kan också leda till ökad stress. Tillit gentemot fordonet är något som skiljer sig mellan primär- och sidoanvändaren: till skillnad från sidoanvändaren har primäranvändaren valt att använda tjänsten vilket gör att det redan existerar en viss grad av tillit. Sidoanvändaren har inte alltid valt att vistas i en miljö med autonoma fordon vilket skapar ett större behov och ställer högre krav på interaktion som inducerar tillit.

Resultaten från Pugh-matrisen visade att koncept C, projektioner, fick högst poäng, se bilaga 4. Detta berodde i allmänhet på att konceptet erbjöd bäst möjligheter till att visa sina intentioner på ett tydligt sätt. Däremot uppfyllde den inte det kritiska kravet att kunna fungera i olika väderförhållanden eftersom projektioner på asfalt i solljus inte kan ses från alla vinklar. Den förhåller sig också sämst när det kommer till realiserbarhet inom projektets tidsramar och budget. Av de två återstående koncepten med alla kritiska krav uppfyllda fick koncept B högst poäng. Med anledning av detta vidareutvecklades sedan koncept B, LED-slingan.

10.4 Fyra koncept för sekundärt informationsdon

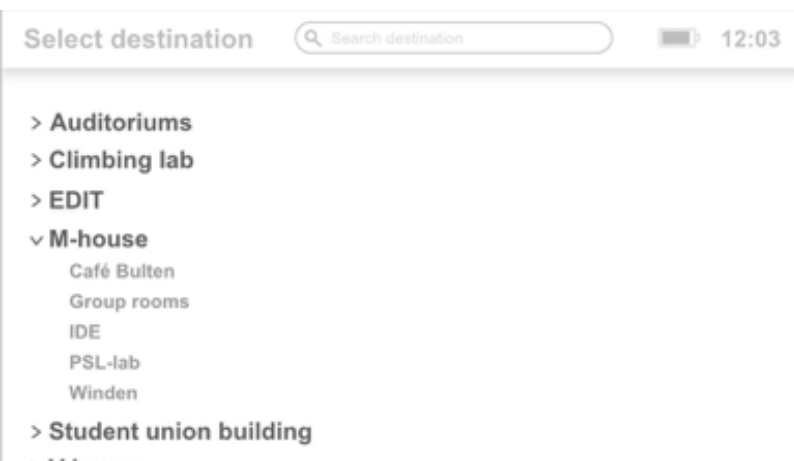
Idégenereringen kring de sekundära informationsdonet resulterade i fyra koncept för specifika användarscenarion. De fyra koncepten är LISTA, VISA NÄRMILJÖ, INFOTAINMENT, samt KARTA & INTENTIONER vilka sammanfördes till ett kombinerat koncept som användes under konceptverifieringen.

LISTA

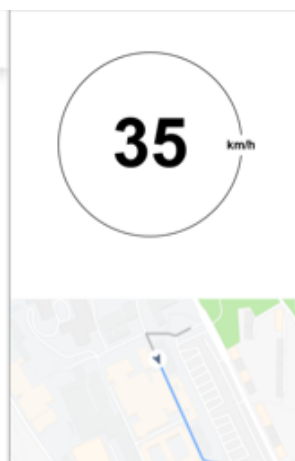
Konceptet undersökte möjligheten att använda ett enkelt gränssnitt med en lista över områdets hållplatser för att välja resmål, se figur 10.3. Hållplatserna ordnades efter under vilket hus de tillhörde för att göra det enklare att få en överblick och hitta rätt. För att underlätta för ovana användare skulle det även vara möjligt att söka efter hållplatser och destinationer genom en sökruta placerad enligt konvention överst i skärmen.

VISA NÄRMILJÖ

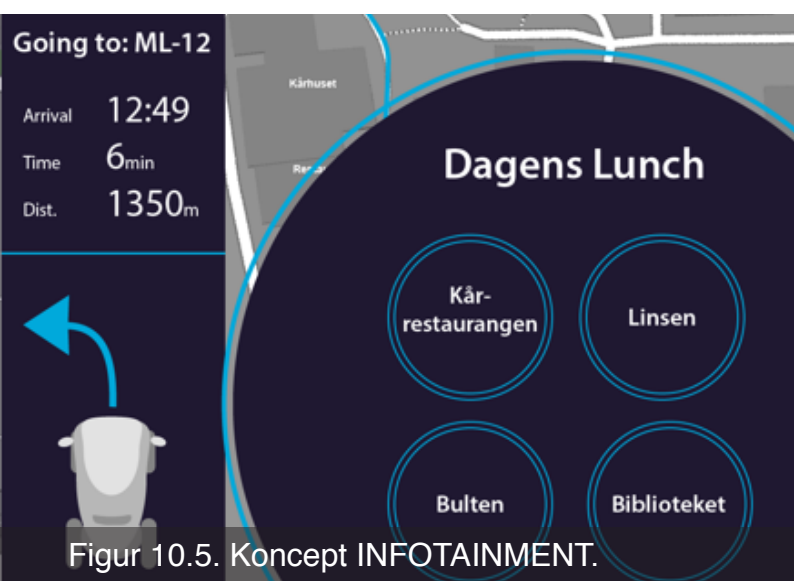
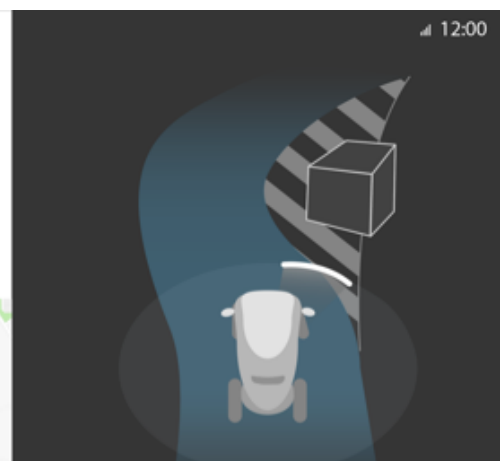
Under färden kan information om resan visualiseras för användaren. Dels genom att visa den planerade rutten på en karta, men även genom att visa resterande tid och sträcka till destinationen. Användaren kan genom skärmen underrättas om fordonets nästa intention. Det kan göras med ikoner, exempelvis pilar eller vägmärken, alternativt genom att markera avsedd färdväg på kartan. Genom att visa fordonets närmsta miljö kan fordonets rörelse också illustreras med en förändrad körbana i miljön, se figur 10.4. I den illustrerade miljön kan hinder och fotgängare visas i förhållande till fordonet och dess planerade färdrott.



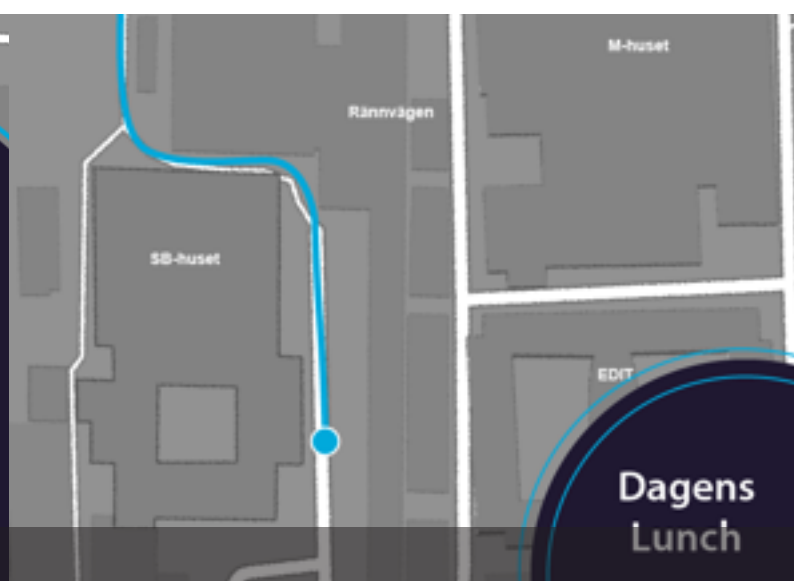
Figur 10.3. Koncept LISTA.



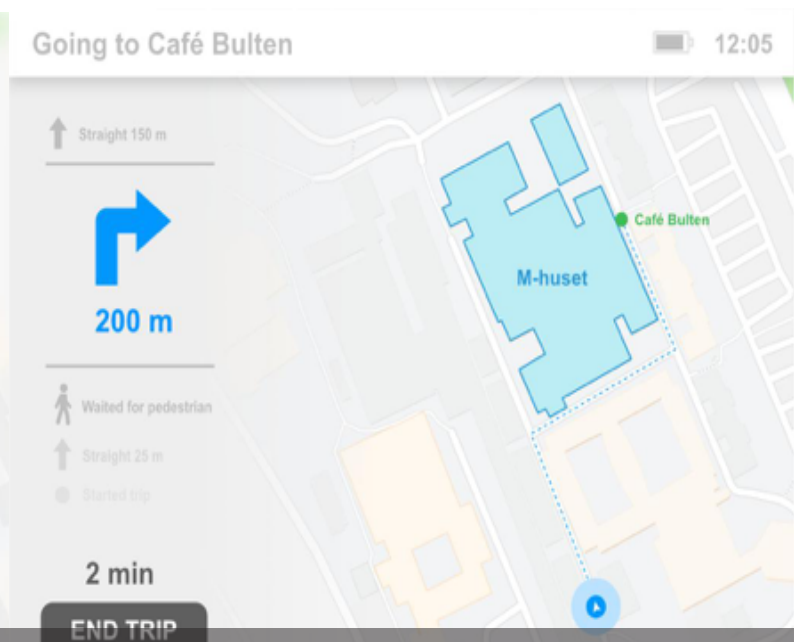
Figur 10.4. Koncept VISA NÄRMILJÖ.



Figur 10.5. Koncept INFOTAINMENT.



Figur 10.6. Koncept KARTA & INTENTIONER



INFOTAINMENT

Utöver information om resan skulle skärmen kunna användas till att visa information eller underhållning under den korta färden, se figur 10.5. Det kan vara antingen information om produktionens status eller annan information om vad som händer på företaget eller aktiviteter för de anställda. Det kan även vara nyheter, väderprognoser, trafikinformation eller dagens lunchmeny från restauranger i närheten. I framtiden skulle skärmen även kunna anpassa innehållet beroende på användaren genom att koppla upp sig mot personens telefon eller genom bokningssystemet.

KARTA & INTENTIONER

För att underlätta navigeringen för användaren kan destination anges genom att välja hållplats på en karta, se figur 10.6. Detta gör att vana användare snabbt kan hitta rätt och påbörja färden. Användaren har också möjlighet att avbryta färden genom att trycka på en knapp. Fordonet ska då svänga av och stanna vid sidan av vägen när det är möjligt att utföras på ett säkert sätt. Det finns även möjlighet att låta användaren pausa färden, till exempel för att snabbt prata med en kollega längs vägen. Möjligheten till detta kan däremot bero på miljön i fabriken då vissa fabriker har utrymme för sådana pauser medan andra inte har det och endast bör tillåta stopp vid nödfall för att låta passageraren gå ur fordonet.

Vid hastiga förändringar och abrupta händelser kan skärmen också förklara vad fordonet har gjort, antingen för att förtydliga eller för att informera ifall användaren inte uppfattade orsaken till fordonets agerande.

10.5 Utvärdering av sekundärt informationsdon

Koncepten utvärderades utifrån kravspecifikationen samt designprinciper från kognitiv ergonomi och *usability*.

Konceptet LISTA gav användaren många möjligheter till att ange resmål vilket är bra då de passar för olika användare med olika bra uppfattning om området. Däremot skulle en lista med hållplatser på vissa områden bli väldigt lång och problematisk att navigera snabbt i. Detta skulle leda till en ökad belastning av användarens kognitiva resurser och gränssnittets *system potential* blir sämre. Sökfunktionen är emellertid en konventionell metod för att ange ett resmål i navigeringstjänster.

Konceptet VISA NÄRMILJÖ visualiserade omgivningen och intentioner genom att bygga upp den i 3D och markera ut planerad färdrott. Hänsyn tas till användarens resurser eftersom lösningen kräver mindre spatial transformation, då miljön och intentionen syns i relation till varandra på skärmen. Konceptets användning av 3D-grafik gör dock att det är tekniskt utmanande och tidskrävande att implementera inom projektets ramar. Med anledning av detta valdes konceptet bort till fördel för enklare lösningar.

Konceptet INFOTAINMENT gav en bild över hur displayen i taxin kan nyttjas till mer än taxitjänsten. Systemet kan anpassas efter olika företag och innehålla olika typer av information och underhållning. Detta innebär en svårighet för vidare utveckling och design av

gränssnittet. Idén lämnas därför till vidareutveckling i samråd med aktuellt företag och deras behov och krav. Färgschemat i konceptet medgav *prioritization of information* med färdväg och intentioner i turkos och övrig information i grå färg.

Konceptet KARTA & INTENTIONER gav användaren möjlighet att välja resmål utifrån en visuell karta. Detta är en konventionell metod som följer Jordans designprincip om *compatibility*. Kartan är lämpad för vana användare som känner till området, vilket primäranvändaren gör, och ger därmed en hög *experienced user performance*. Samma koncept införde även möjligheten för användaren att se vilka handlingar som skett tidigare. Att systemet förklarar sina handlingar ger användaren mer förståelse och kan ge en ökad tillit. Detta koncept innehöll också en knapp som låter användaren pausa färden på ett säkert sätt. Detta är den enda knapp som finns på skärmen under färden, vilket ger en ökad *explicitness*. Skärmen återspeglar dessutom verkligheten; fordonet hanterar hela körningen och användaren kan enbart avbryta, vilket i sin tur ger god *user control*.

10.6 Koncept för verifiering

Primärt informationsdon

Konceptet med LED-slingan vidareutvecklades där olika placeringar och sätt att indikera intentioner utforskades. På utsidan placeras LED-slingan ovanför framlyktorna på fordonet för att ljuset från lyktorna inte ska störa signalerna. För ett mer sammantaget uttryck och för att det ska vara enkelt att avläsa placerades slingan kring karossen vågrätt sett från sidan. På insidan placeras LED-slingan i nedre kanten av vindrutan för att synas tydligt för primäranvändaren.

För att slingan inte ska ha för många signaler och riskera att förvirra användarna identifierades de scenarion som behöver egna signaler. Trafiksituationer kan således hanteras genom att spela upp olika signaler efter varandra för att tillsammans indikera fordonets planerade förflyttningar. Kravet att signalera omkörning kan därför ersättas med kombinationer av sväng-signaler, i likhet med hur en manuell fordon skulle göra. Signalen för back kan också visualiseras med en accelerations-signal i omvänd rörelseriktning. Med anledning av detta krävs inget separat scenario för denna signal.

De scenarion som återstår är:

- Acceleration
- Retardation
- Inväntan på passagerare
- Sväng
- Tvärbroms
- Indikera hinder

Ljussignalerna i konceptet är rörliga men visas i figur 10.7 med hjälp av stillbilder.

01 Acceleration - segment För att indikera acceleration måste signalen uttrycka en ändring i hastighet. En signal inspirerades av strecken i vägbanan som passerar förbi. Genom att låta segment färdas från främre delen på fordonet och bakåt i ökande hastighet associeras signalen till dessa.		
02 Acceleration - Tömmas ur Ett annat sätt att indikera acceleration är att låta en ifylld ljusslinga tömmas ur framiifrån. Detta var inspirerat av att en dörr öppnas och hur omgivningen passerar förbi i ökande hastighet.		
03 Retardation - segment För att behålla enhetligheten mellan acceleration och retardation användes liknande segment men som nu istället rör sig i en minskande hastighet från baksidan fram till fronten där de till slut försvinner i mitten.		
04 Retardation - ifyllning Enhetligheten var även med i framtagningen av den andra indikationen för retardation. Här tänds istället den tomma LED-slingan upp från baksidan fram till fronten. Den ska symbolisera en dörr som stängs och omgivningen som blir tydligare ju mer fordonet minskar hastighet.		
05 Väntan - puls För att indikera att fordonet väntar undersöktes olika signaler som indikerar ett lugn. Bland annat efterliknades djur som andas. Ljuset pulserar mellan tänt och släkt, långsamt som andetag.		
06 Väntan - brus För att uppfattas som mindre kontrollerade och bestämda inspirerades signalen av naturen. Signalen är något slumpmässig för att sakna riktning men tillräckligt förutsägbar för att användaren ska känna sig lugn. Liket ett harmoniskt brus.		
07 Tvärbroms - stadigt sken När fordonet behöver tvärbromsa, undersöktes först en signal där hela ljusslingan lyser upp i ett starkt och stadigt gult sken för att påvisa uppmärksamhet. På insidan uppmärksammas primäranvändaren av samma starka stadiga sken fast i en turkos färg.		
08 Tvärbroms - blinkande För att undersöka om uppmärksamheten kan ökas skapades en signal där ljusslingan istället blinkar hastigt i gult på utsidan av fordonet. Den blinkande LED-slingan förekommer även på insidan fast i en turkos färg.		
09 Hinder För att signalera att fordonet uppfattar och uppmärksammar ett hinder lyser ett segment av LED-slingan upp. Segmentet förhåller sig till positionen av hindret och följer även efter hindrets riktning tills det är ur vägen för fordonet.		
10 Sväng Inför en sväng använder fordonet blinkers för kommunikationen utåt. För att indikera inåt att fordonet är på väg att svänga fylls ett segment upp på den sida som riktningen på svängen är.		

Figur 10.7. Signalerna för det primära informationsdonet för konceptverifiering.

Twizy022

12:03

✓ System check



Welcome

Tap screen to
choose destination

Figur 10.8. Startskärm.

Choose destination

Search destination

12:03



Figur 10.9. Karta över valbara resmål.



Figur 10.10. Markerat resmål.

Going to Café Bulten

12:03

↑ Straight 150 m



200 m

⚠ Waited for pedestrian

↑ Straight 25 m

● Started trip

🚗 2 min

PULL OVER

Pulling over

12:03

🚗 2 min 🚶 1 min

RESUME

END RIDE

Figur 10.11. Färdväg och intentioner.

Figur 10.12. Skärm vid pausad resa.

Det kombinerade konceptet tar in de funktioner och utformningar från de fyra koncepten som visade på hög kravuppfyllnad och god *usability* enligt Jordans 10 designprinciper.

Det första som möter användaren är en skärm visar att fordonet är funktionellt; detta visas genom en grön cirkel runt en bild på fordonet samt genom texten *System check* och en grön bock, se figur 10.8. Cirkelns gröna färg indikerar att fordonet är redo att användas. Texten bredvid låter användaren inleda interaktionen med ett tryck som sedan visar möjligheterna för att ange resmål, se figur 10.9. Resmålet kan anges på två sätt, antingen genom använda kartan eller genom att söka efter destinationen. Kartan har uppdelade byggnader och områden som har en ljus kantlinje. Genom att klicka på någon av byggnaderna kan användaren se de olika förbestämda hållplatserna som går att välja på. När användaren angett ett resmål presenteras information om färden dit, se figur 10.10. Därefter kan användaren starta färden genom att trycka *START* eller gå tillbaka till kartan genom att trycka på pilen uppe i vänstra hörnet.

Under färden visas färdvägen utplacerad på kartan i turkos, se figur 10.11. Till vänster finns en panel som visar fordonets planerade, nästkommande och föregående intentioner och händelser. Ikonerna rullar uppifrån och ner, med nästkommande intention i turkos. Ikonerna ovanför denna är planerade och de nedanför är föregående. Längst ner i vänstra hörnet visas kvarstående tid till målet samt en knapp för att fordonet ska svänga av och stanna, *PULL OVER*. Om knappen trycks kommer två alternativ upp, att återuppta färden eller avsluta resan helt, se figur 10.12.

11

KONCEPTVERIFIERING

I kapitlet presenteras resultatet från konceptverifieringen, analys av resultatet och hur det har påverkat vidareutvecklingen, för genomförande se avsnitt 6.4-6.6 och för fullständiga intervjumallar se bilaga 2 och 3.

11.1 Primäranvändare

Primärt informationsdon

Konceptverifieringen för fordonets signaler mot primäranvändaren utfördes på sex testpersoner. Figur 11.1 visar att antal testpersoner som tolkade signalerna korrekt varierade. Till höger om resultatet i figuren visas ett medelvärde av testpersonernas upplevda säkerhet i procent. Säkerheten avser hur säkra testpersonerna var på att de gjort rätt på varje deluppgift. Signal 06 upplevdes enligt flera som lugn och behaglig och förknippades med ett standbyläge. När acceleration visades med segment, signal 01, ansåg flera uppleva det som tydligt då segmenten rörde sig fortare och fortare. När den andra signalen för acceleration visades, signal 02, ansågs den svår att tyda. Figur 11.1 visar att den upplevda säkerheten var hög då testpersonerna svarade rätt.

Figur 11.2 visar jämförelserna mellan signal 01 och 02 för acceleration, signal 03 och 04 för retardation, signal 05 och 06 för vänta, samt signal 07 och 08 för tvärbroms. Segmenten upplevdes som tydligare eftersom de kontrasterade mot bakgrunden mer än signal 04, samt att användaren tydligare kunde urskilja segmentens rörelse när de var fler, i förhållande till signal 04 som endast var ett långt ljussegment. En majoritet av de tillfrågade föredrog dessutom en blinkande tvärbromssignal, signal 08, då den påkallade mer uppmärksamhet. För signalen för vänta föredrog lika många testpersoner den pulserande signalen som den brusande, signal 05 respektive 06. Den brusande signalen upplevdes som lugn men plottrig medan den pulserande vänta-signalen upplevdes som gedigen men också som att fordonet kör.

Figur 11.3 visar medelvärdet av testpersonernas skattningar på de sex semantiska orden. I figuren kan resultatet att konceptet uppfattades som tydligt, lättbegripligt, diskret, förutsägbart och behagligt utläsas. Konceptet uppfattades även som lugnande, dock inte lika entydigt.

Sekundärt informationsdon

På den inledande frågan gällande hur testpersonerna tolkar den första skärmen svarade majoriteten rätt. En testperson uttryckte det; *“Välkommen, verkar som att systemet fungerar, klicka för att gå vidare”*. Dock var det en testperson som var osäker på vad *System check* egentligen betyder. Konzeptverifieringen av det sekundära informationsdonet bestod huvudsakligen av två interaktiva uppgifter. I figur 11.4 presenteras resultatet för hur väl varje uppgift utfördes. Att hitta *STORE* var inga problem och samtliga testpersoner utförde uppgiften väl. Andra uppgiften var utformad för att framkalla ett annat tillvägagångssätt vilket resulterade i att hälften av deltagarna behövde hjälp att lyckas.

Uppgift 2 visade sig vara svårare på grund av att destinationen Gamma inte var känt bland testpersonerna, se figur 11.4. Många testpersoner hade svårt att hitta sökfunktionen vilket gjorde att uppgiften tog mycket tid eller inte klarade av uppgiften alls. Som en testperson uttryckte sig: *“Jag hittade den inte först, till slut fick jag syn på sökfunktionen och hittade”*. På den efterföljande frågan om testpersonen upplevt att de gjort rätt visade det sig att kartan i kombination med färdvägen bekräftade att deras handling var korrekt.

Efter uppgift 2 ombads testpersonerna att förklara vad de såg på skärmen. Här förstod majoriteten att skärmen visade både fordonets historik från resan och framtida handlingar. Som en testperson uttryckte sig; *“Blir ett flöde, man är påväg framåt och det som är under är det man har bakom sig”*. Den avslutande delen av uppgift två ombads testpersonerna att stanna och hälsa på en kompis. Alla testpersonerna klickade då på *PULL OVER*. En testperson klickade på *END RIDE* för att den tolkade uppgiften som att den skulle stanna och hoppa ur bilen.

Testpersonerna upplevde skärmens helhet som tydlig och att den hade bra kontraster. En av testpersonerna uttryckte att sökfunktionen funkade så pass bra att kartan inte skulle behövas. De flesta upplevde att den hade tillräckligt med information och uppskattade visualiseringen av fordonets historik.

Analys av konzeptverifiering för primäranvändare

Primärt informationsdon

Utifrån testets första del var det uppenbart att signal 09 och 10 för hinder samt sväng var tydliga och bör bevaras. Något som testpersonerna hade svårt att förstå var signalerna för retardation. Förväxling mellan signalerna för acceleration och retardation förekom, signalen tolkades även i vissa fall som att bilen var i rörelse. I sammanhanget när fordonet är elektriskt blir det en säkerhetsfaktor att inkludera signal för retardation, signalen behöver dock vidareutvecklas eftersom motorn är tyst. I jämförelserna föredrog de signal 01 för acceleration och motsvarande signal för retardation. Resultatet avspeglar resultatet från del ett av testet. Konzeptet upplevdes som behagligt, tydlig och diskret vilket kan tyda på att användarna har god tillit till systemet. Signalerna för att fordonet väntar gav samma resultat som i andra delen. I första delen tolkade de dock signalen med pulser mer korrekt än signalen med brus.

Vid test av olika signaler fick testpersonerna reda på om fordonets stod still eller rörde sig och var testpersonen befann sig förhållande till fordonet i scenariot; när signalerna visades beaktades inte detta vid bedömning av signalernas betydelse. Testpersoner svarade ibland rakt motsatt de premisser som var givna, exempelvis tolkades en signal som att fordonet skulle stanna när premissen var att fordonet redan stod stilla. Analysen av testresultaten fick anpassas då resultaten kan ha varit sämre än vid en verklig implementering. Med detta sagt var det många signaler som uppfattades rätt eller nästan rätt, trots att användaren inte verkade ha förstått premisserna. Föregående antyder således att många av signalerna uppfyller kraven väl.

Sekundärt informationsdon

En testperson feltolkade texten *System check*. Eftersom den talar till systemets funktionella status är det viktigt att användare förstår den. Att få förståelse om den funktionella statusen är en viktig aspekt för att skapa tillit till automation, därför bör texten vidareutvecklas.

Kartan har goda kontraster och därför dras användare till att interagera med den. Många användare hade däremot svårt att hitta sökfunktionen på grund av dess låga prioritering och visibilitet i gränssnittet. Detta bör utvecklas vidare för att uppnå bättre användarupplevelse. Många upplevde också att den fungerade väldigt bra vilket antyder att det just är visibiliteten som bör utvecklas. Testpersonerna uttryckte uppskattning kring kontrasterna i gränssnittet och visualiseringen av fordonets historik. Dessa två aspekter bör därför bevaras.

11.2 Sidoanvändare

Primärt informationsdon

Användartesterna för sidoanvändare av konceptet utfördes på nio testpersoner. Figur 11.5 visar resultatet från den första delen av testet där testpersonerna fick se signaler för tio olika scenarion. Till höger i figuren visas testpersonernas medelsäkerhet, se figur 11.5. Figur 11.5 visar säkerheten på hur säkra testpersonerna upplevde att hade gjort rätt på varje deluppgift.

Resultatet visar hur alla testpersonerna tolkade helt rätt på signal 09 och 10 samt att de var väldigt säkra på sitt svar. Signal 10 för vänstersväng ansågs vara vedertagen medan signal 09 för hinder upplevdes tydlig tack vare den visualiserade miljön runt fordonet. Det var bara en person som tolkade signal 06 som väntan, men de flesta trodde att fordonet stod still, men att det var aktivt vilket är snarlikt. De frågor med flest fel uppvisade också låg säkerhet hos testpersonerna. Signalerna för acceleration och retardation resulterade i flest feltolkningar. De upplevdes som liknande signaler för rörelse varför användarna hade svårt att särskilja dem.

Figur 11.6 visar vilka signaler testpersonerna föredrog baserat på hur väl de tyckte att de förmedlade den tilltänkta intentionen. Den blinkande signalen för tvärbroms föredrogs av användarna då den påkallar uppmärksamhet bättre. Accelerationen med segment upplevdes tydligare på grund av kontrasterna på LED-slingan.

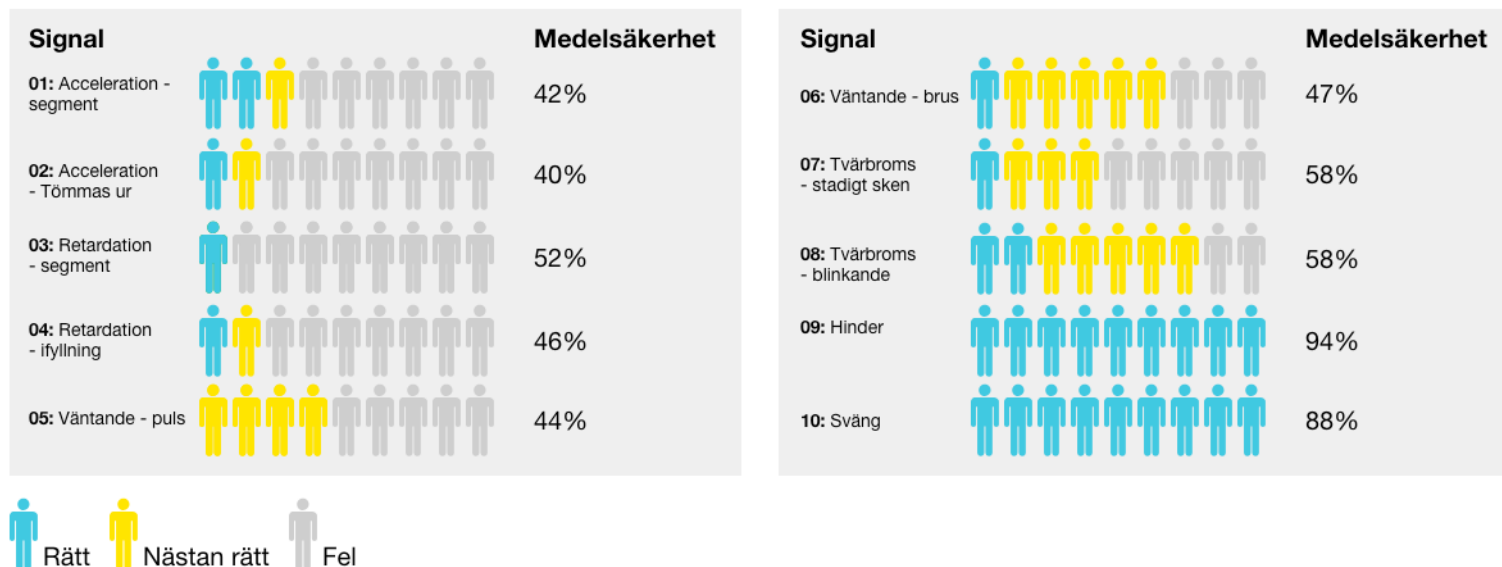
Figur 11.7 visar medelvärde för testpersonernas bedömning av helheten utifrån skattningar på den semantiska ordsakalan. För tydlig och otydlig, svårbegriplig och begriplig, lugnande och stressande samt spontan och förutsägbar placerades deras värdering nära mitten av skalan. Konceptet upplevdes som mer diskret än påträngande och mer behagligt än obehagligt.

Analys av konceptverifiering för sidoanvändare

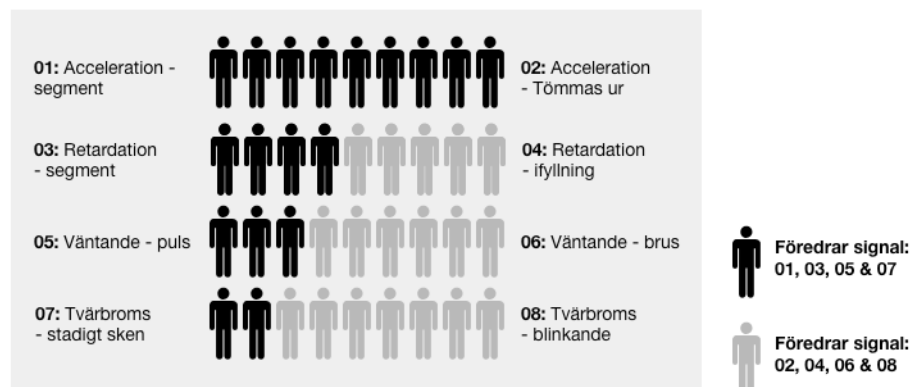
Primärt informationsdon

Resultatet från konceptverifieringen för sidoanvändaren påminner på många sätt om resultatet för primäranvändaren. Det förekom emellertid fler antal felaktiga svar för sidoanvändaren vilket kan bero på att testmiljön inte var lika övertygande som för primäranvändaren. Signalen för hinder och sväng var tydlig för både primär- och sidoanvändaren. De hade svårt att tolka retardation och acceleration vilket troligtvis beror av att fordonet inte var i rörelse. Signalen för väntan upplevdes som tydligare när den visades med brus. Detta var också den signal som föredrogs i andra delen av testet. Eftersom denna signal främst syns från utsidan då den används när fordonet inväntar passagerare så väger resultatet från testet med sidoanvändare tyngre än det med primäranvändare, där resultatet var jämt.

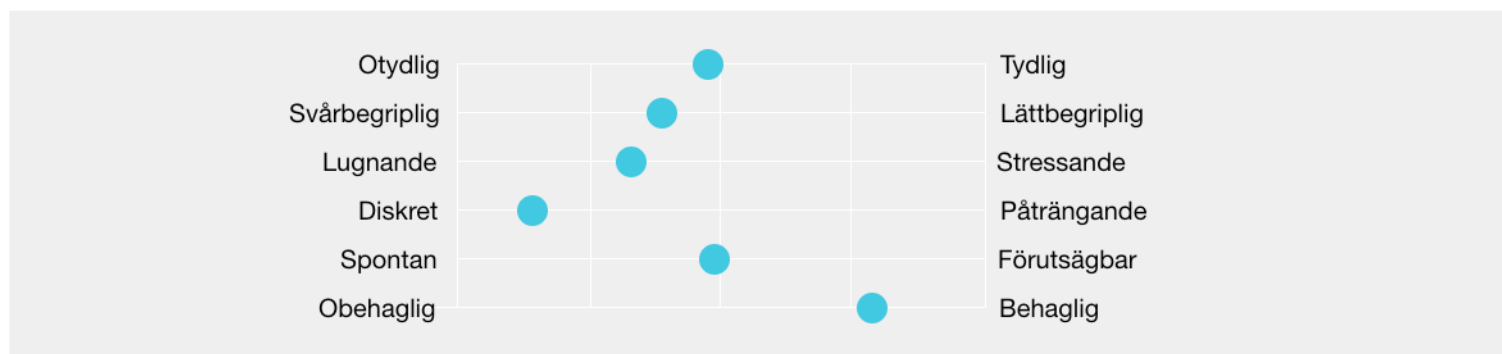
Deltagarna började mot slutet av testet dra slutsatser när de skulle tolka signalerna. När de fick se en signal som rörde sig motsatt den som visats tidigare drogs tankarna direkt till att fordonet visade på en motsatt intention.



Figur 11.5. Resultat från första delen av konceptverifieringen för sidoanvändaren.



Figur 11.6. Resultat från andra delen av konceptverifieringen för sidoanvändaren.



Figur 11.7. Resultat från tredje delen av konceptverifieringen för sidoanvändaren.

12

SLUTKONCEPT LEDWAY

I kapitlet presenteras projektets slutresultat i detalj. Slutresultatet motiveras utifrån empiri och teori, för genomförande se avsnitt 6.6 - Utveckling av slutkoncept.

Fordonet är utrustat med en utvändig och en invändig LED-slinga som med olika ljussignaler visar på fordonets intentioner, se figur 12.1. Fordonet kommer att visa följande intentioner och reaktioner mot sidoanvändare samt primäranvändare: acceleration, retardation, väntan, position av hinder, tvärbroms och sväng. I instrumentpanelens mitt är en display placerad varifrån resenären kan välja resmål och följa sin resa i taxin, se figur 12.2.

12.1 Positionering LEDWAY

För att undvika att LED-slingan döljs i fordonets karosslinjer placeras slingan horisontellt längs fordonets utsida, se figur 12.1. Den placeras också strax ovanför framlyktorna då det naturliga blickfånget är mellan passageraren och framlyktor. Inuti fordonet är slingan placerad längs med vindrutans nederkant. Placeringen underlättar för passageraren genom att medge överblick över signal och körbana i samma blickfång samtidigt som den uppfattas i periferiseendet om passageraren fokuserar på exempelvis mobiltelefonen.

12.2 Färg LEDWAY

Färgerna som används i LED-slingan är turkos med RGB(129, 230, 227), *selective yellow* med RGB(254, 186, 00) och vit med RGB(255, 255, 255), se figur 12.3. De huvudsakliga färgerna som används i gränssnittet som visas i displayen är ljusblå med RGB(92, 196, 229), grön med RGB(98, 180, 82), grå-blå med RGB(76, 82, 93) och vit med RGB(255, 255, 255), se figur 12.4.

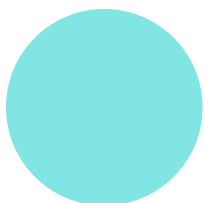
För att ta hänsyn till den del av användarna som är röd-grön eller blå-gul färgblinda undveks kombinationer av röd och grön samt kombinationer av färger som befinner sig mellan gul och blå. Färgerna röd och grön undveks även då de används på trafikljus. Användningen av dem leder till en stark koppling till deras betydelse som körsignal. Gult används också på trafikljus men även på fordon för att ge uppmärksamhet, till exempel inför en sväng eller som varningslampor. För att följa konventionen och underlätta tolkningen bör inte lösningen använda gult om det inte är för att påkalla uppmärksamhet. Blått används av uttryckningsfordon och kan ge associationer till händelser som kräver de fordonen, med andra ord leda till känsla av otrygghet. Eftersom trygghet är en väldigt viktig aspekt för att systemet ska få acceptans bör lösningen undvika även den färgen. De som finns kvar att välja på (Werner, 2018) är magenta, turkos, *mint green* och *selective yellow*. Cyan har hög synlighet även i periferiseende samtidigt som den upplevs attraktiv och unik.



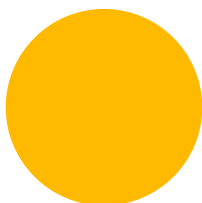
Figur 12.1. LEDWAY utsida; interaktion med sidoanvändare.



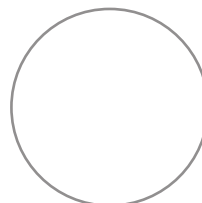
Figur 12.2. LEDWAY insida; interaktion med primäranvändaren.



Turkos
RGB(129, 230, 227)

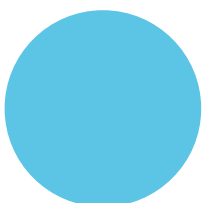


Selective Yellow
RGB(255, 186, 00)

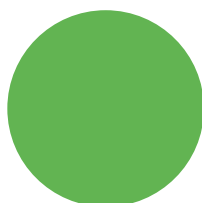


Vit
RGB(255, 255, 255)

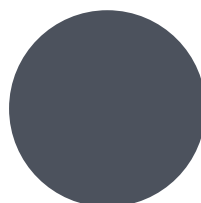
Figur 12.3. Färger för primärt informationsdon.



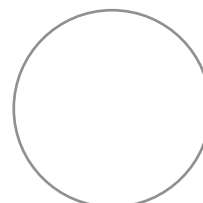
Ljusblå
RGB(92, 196, 229)



Grön
RGB(98, 180, 82)



Grå-blå
RGB(76, 82, 93)



Vit
RGB(255, 255, 255)

Figur 12.4. Färger för sekundärt informationsdon.

Acceleration

För acceleration från stillastående läge lysas segmentpar upp i slingans mitt med färgen turkos. Paren rör sig i motsatt riktning från varandra ut till kanterna och försvinner. Processen upprepas och ökar i hastighet och avslutas då fordonet uppnått önskad hastighet.



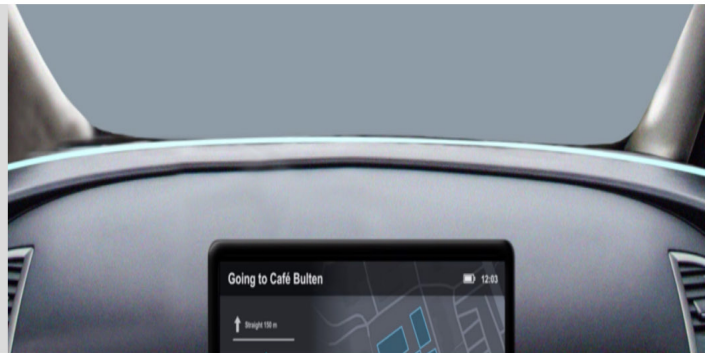
Retardation

För retardation lysas segmentpar upp i slingans mitt med färgen turkos. Paren rör sig i motsatt riktning från varandra ut till kanterna och försvinner. Processen upprepas och minskar i hastighet och avslutas då fordonet står stilla.



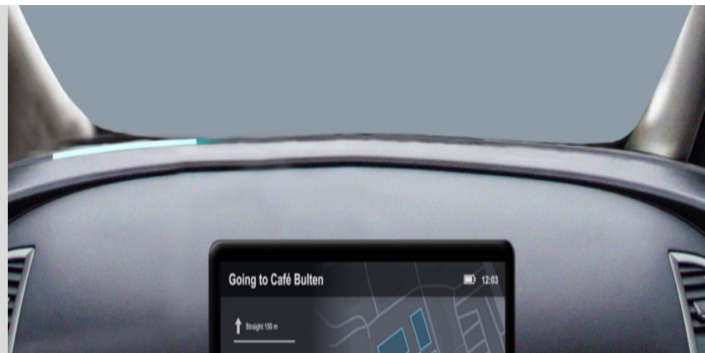
Tvärbroms

Vid tvärbroms blinkar LED-slingan i turkos. Signalen visas då tvärbroms initieras och avslutas när fordonet bromsat färdigt.



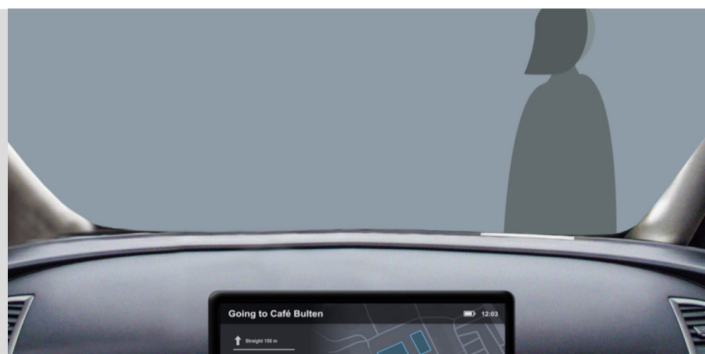
Sväng

När fordonet ska påbörja en sväng visas endast signalen för sväng. Signalen har färgen turkos och består av ett segment i slingans yttre kant. Vid sväng fylls segmentet upp gradvis med riktning mot ytterkanten tills hela segmentet är upplyst. Detta upprepas tills svängen är utförd.



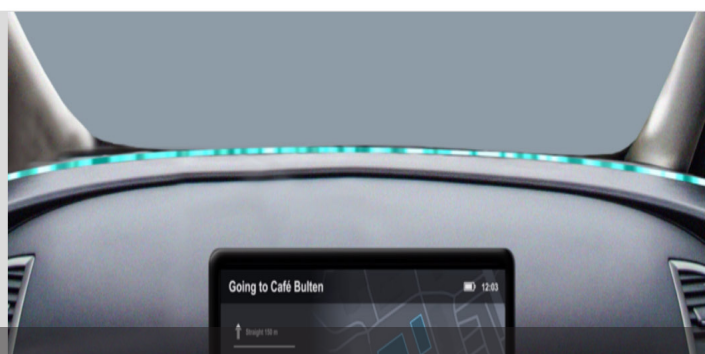
Hinder

När ett hinder upptäcks av fordonet i körfältet lysas ett segment med vitt ljus upp. Segmentets centrum följer hindrets position i realtid. Längden på segmentet ökar när hindret kommer närmare.



Vänta

Inför att en rutt påbörjas, efter att en rutt avslutats eller när en rutt har pausats visas signalen för väntande. Signalen består av slumpmässigt upplysta dioder med färgen turkos längs slingan.



Figur 12.5. Signaler för primäranvändaren.

Acceleration

När fordonet ska accelerera från stillastående läge visas signalen för acceleration och signalen avslutas då fordonet uppnått önskat hastighet. Segment lyses upp i turkos färg och initieras från framsidan av fordonet och rör sig längs fordonets båda långsidor i ökande hastighet.



Retardation

När fordonet ska bromsa in till stillastående läge visas signalen för retardation och signalen avslutas då fordonet står stilla. Segment lyses upp i turkos färg och initieras från framsidan av fordonet och rör sig längs fordonets båda långsidor i minskande hastighet.



Tvärbroms

När fordonet tvärbromsar blinkar hela LED-slingan gult runt fordonet från att bromsningen initieras till att den slutar. När bromsningen är avslutad slutar slingan att blinka.



Sväng

Vid sväng blinkar korresponderande blinkers för den riktning fordonet svänger åt.



Hinder

När hinder upptäcks av fordonet visas dessa genom att ett segment lyses upp på LED-slingan. Segmentets centrum följer hindrets position i realtid. Segmentets längd ökar när hindret kommer närmre.



Vänta

Före påbörjad rutt, efter avslutad rutt och vid pausade rutter visas signalen för väntande. Signalen är i turkos färg och består av dioder som slumpmässigt lyser upp.



Figur 12.6. Signaler för sidoanvändaren.

Signaler

Signalen för acceleration efterliknar vägmarkeringar som, i en ökande hastighet, rör sig förbi fordonet, se figur 12.5 och 12.6. De accelererande segmenten i LED-slingan ger en direkt koppling till fordonets avsiktliga acceleration.

Signalen för retardation efterliknar vägmarkeringar som, i en minskande hastighet, rör sig förbi fordonet, se figur 12.5 och 12.6. Minskningen i hastighet har en direkt koppling till fordonets avsiktliga retardation.

Signalen för tvärbroms uppmärksammar sidoanvändare om fordonets närvaro genom den hastigt blinkande LED-slingan i den varnande färgen *selective yellow*, se figur 12.5 och 12.6. Signalen ger sidoanvändare information om att fordonet har tvärbromsat för ett objekt som oförutsägbart hamnat i fordonets körbana. Signalen uppmanar sidoanvändaren till handling genom att utnyttja den mentala modellen av varningar. På insidan av fordonet blinkar LED-slingan i turkos färg för att uppmärksamma primäranvändaren om händelsen men inte uppmana till handling.

Signalen på utsidan av fordonet för att svänga är blinkers eftersom den är konventionell, se figur 12.5 och 12.6. På insidan av fordonet visar signalen tydligt åt vilket håll fordonet kommer svänga tack vare rörelsemönstret på motsvarande sida. Signalen är i linje med användarens mentala modell av hur ett fordon signalerar en avsiktlig sväng.

Segmentet i LED-slingan som lyser upp då fordonet upptäcker ett hinder hjälper användaren förstå fordonets process och att det detekterar något vilket bidrar till ökad tillit, se figur 12.5 och 12.6. Storleken och positioneringen av segmentet har en direkt koppling till positionen och avståndet till hindret. På utsidan är segmentet i färgen *selective yellow* för att påkalla uppmärksamhet. På insidan är segmentet vitt för att enbart visa att fordonet detekterar hindret. På så sätt differentierar sig signalen mot andra turkosa signaler som förmedlar fordonets intention.

Signalen för väntande är utformad som ett brus för att inge lugn och påvisa att fordonet är aktivt utan att ge det en riktning, se figur 12.5 och 12.6. Eftersom det är en signal som inte används på konventionella fordon differentierar sig sig den från de andra signalerna.

12.4 Sekundärt informationsdon

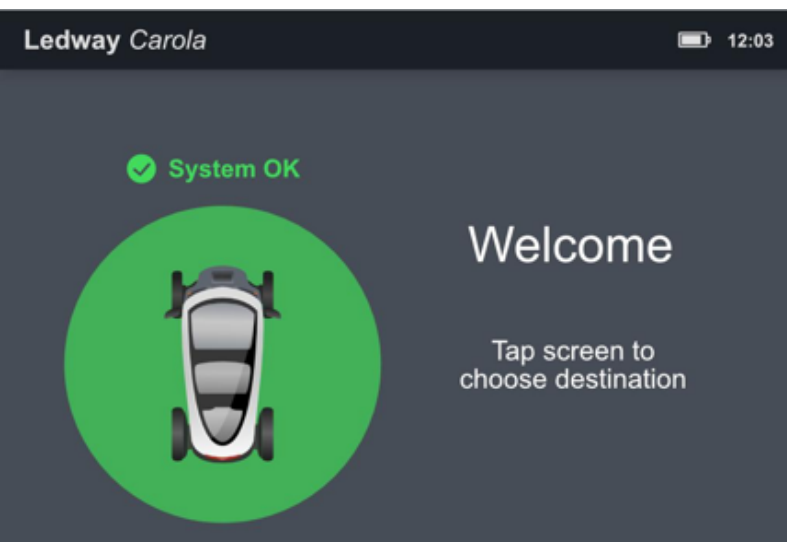
Primäranvändaren

Allt som rör det sekundära informationsdonets funktioner inklusive val av resmål och navigering sköts via en tryckkänslig display som sitter integrerad i fordonets instrumentpanel. När användaren sätter sig i fordonet visas en startskärm, se figur 12.7, som gör användaren varse om systemets funktionella status vilket ökar systemets transparens mot användaren. Texten *System OK* tillsammans med en grön cirkel runt fordonet indikerar att allt fungerar som det ska. Uppe i det högra hörnet visas batterinivå och klocka. Om det är något problem med fordonet visas detta med ett meddelande som säger att den är ur funktion. Vid normal funktion välkomnar och instruerar skärmen användaren om hur de kommer igång genom texterna *Welcome* och *Tap screen to choose destination*. Varje enhet har ett namn som visas längst upp till vänster. Detta är till för att kunna identifiera och skilja på olika fordon men är också en tillämpning av antropomorfism med avsikt att fordonet ska kännas mer mänskligt och inbjudande.

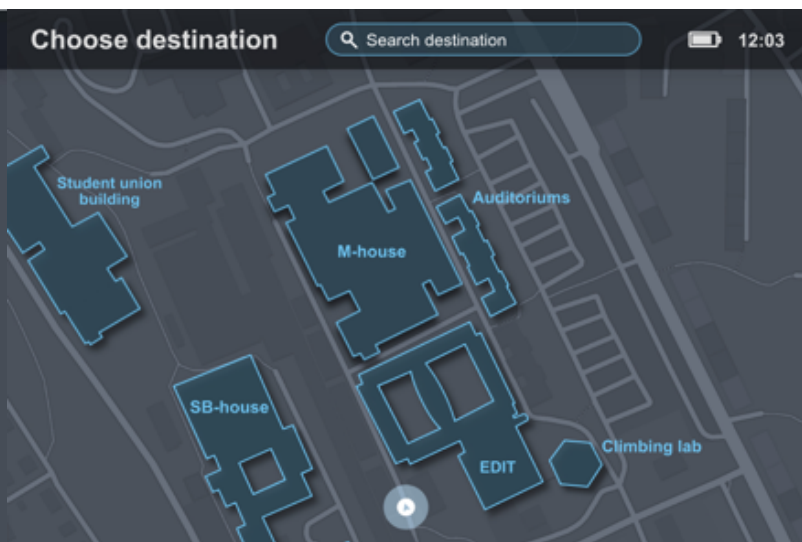
Genom att trycka på displayen visas nästa skärm där användaren kan ange ett resmål, se figur 12.8. Destinationen kan anges antingen genom att välja byggnad och en av de förbestämda hållplatserna eller genom sökfunktionen. De valbara byggnaderna, liksom sökfältet är tydligt markerade med en utstickande, turkos linje för att visa att de är interagerbara. Detta medger *visual clarity* och *explicitness*. Sökfältet är placerat längst upp i gränssnittet, i enlighet med konvention, vilket medger god *compatibility*. Sökfunktionen möjliggör mer specificerade resmål och ett större antal resmål än antalet hållplatser.

När användaren valt en byggnad visas tillgängliga hållplatser, dels i en lista och dels på en ritning av huset. Detta ger redundans och låter användaren välja önskat tillvägagångssätt för att välja hållplats. Om användaren istället valt resmål via sökfunktionen kommer de automatiskt till samma skärm med förvalt resmål markerat i förhållande till den närmsta tillgängliga hållplatsen, se figur 12.9. Detta medger *consistency* för användaren eftersom de på så sätt alltid kommer till samma skärm för att bekräfta resmål och starta en resa. Att markera det valda resmålet med en grön färg både i listan, i ritningen och i anslutning till *Start* medger tydlig *feedback* på att de har gjort rätt vilket minimerar *gulf of evaluation*. I samma skärm visas också hur lång tid resan beräknas ta. Om resmålet ligger en bit från hållplatsen visas även hur lång tid det tar att gå från hållplatsen till målet.

Under resan visas en översikt på den planerade färdstrutten tillsammans med bilens position i realtid, se figur 12.10. Till vänster visas bilens nästa intention genom en stor och iögonfallande symbol i turkos, designad med *explicitness* och *prioritisation of functionality and information* i åtanke. Detta följer även konventioner för hur GPS:er brukar se ut, vilket i sin tur medför *appropriate transfer of technology* och *compatibility*. Ovanför denna symbol visas nästa planerade intention. Under visas tidigare handlingar som blir mer transparenta ju längre tid som passerat sedan handlingen utfördes. Det går att scrolla i denna lista för att visa hela färdhistoriken.



Figur 12.7. Startskärm.



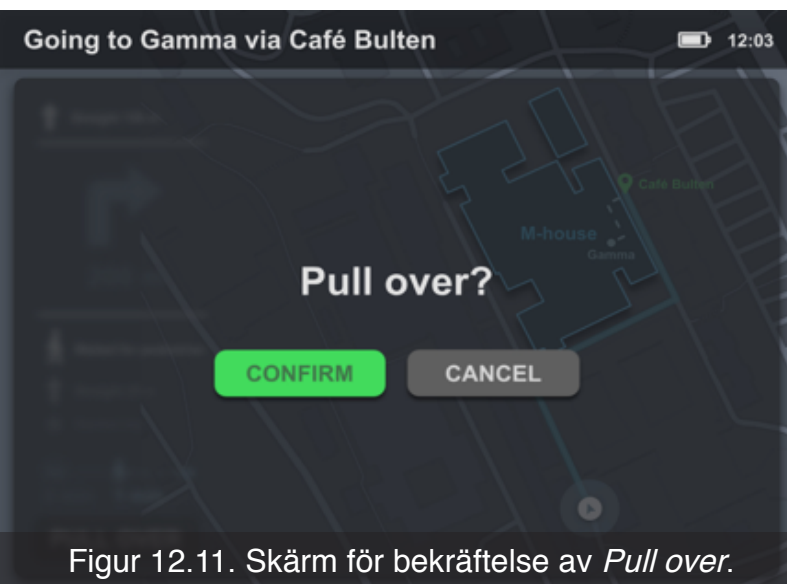
Figur 12.8. Karta över valbara resmål.



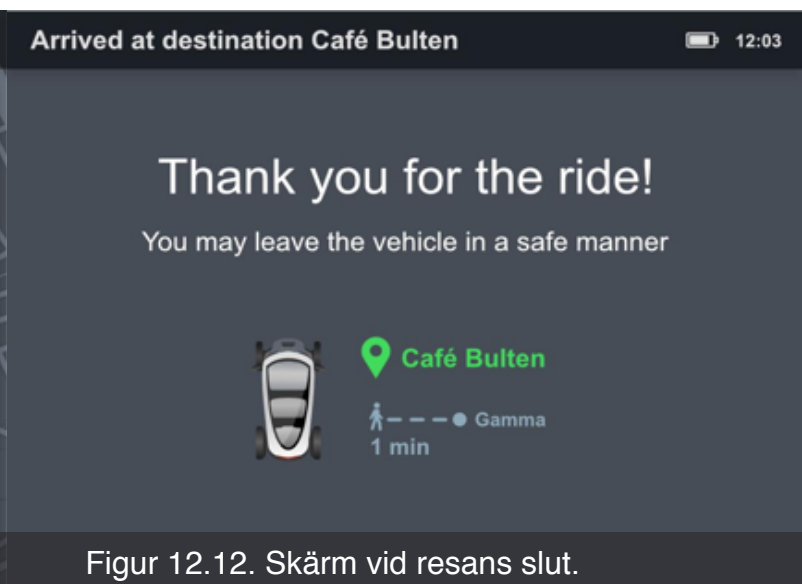
Figur 12.9. Skärm vid valt resmål.



Figur 12.10. Skärm under resan.



Figur 12.11. Skärm för bekräftelse av *Pull over*.



Figur 12.12. Skärm vid resans slut.

Skärmen uppmanar inte användaren till handling utan erbjuder endast alternativet att närsomhelst pausa eller avbryta färden genom att trycka på *PULL OVER*. Detta medger god *user control* eftersom användarna på detta sätt blir medveten om, och får en rättvis bild över, vilken kontroll den har över fordonet. Genom att endast erbjuda användaren ett alternativ minimeras även *gulf of execution*. Oavsett om användarna vill pausa, avbryta eller välja nytt resmål kommer de alltid behöva trycka på *PULL OVER*.

För att uppnå god *error prevention and recovery* efterföljs ett tryck på *PULL OVER* av en dialogruta som ber användaren bekräfta sitt val, se figur 12.11. Om användaren av misstag kommit åt knappen är det lätt att trycka på *CANCEL* utan att färden på något sätt påverkats. Vid tryck på *CONFIRM* kommer fordonet att påbörja en säker avstanning och köra av till sidan.

När fordonet anländer till slutdestinationen visas en skärm som talar om för användaren att den är framme och tackar för turen. Den påminner dessutom, på ett naturligt språk, om att lämna fordonet på ett säkert sätt med texten *You may leave the vehicle in a safe manner*, i enighet med antropomorfiska designprinciper, se figur 12.12.

12.5 Designaspekter för att skapa tillit till LEDWAY

Flera aspekter för att öka tilliten till fordonet har inkluderats i slutkonceptet. Genom att visa historik över fordonets tidigare beslut och handlingar på skärmen så visualiseras tidigare prestation av automation. Detta, i kombination med LED-slingans visualisering av processen i realtid, bidrar till att användaren får insikt i hur automationen fungerar vilket i sin tur genererar högre tillit. Denna insikt i fordonets beslutsfattande process kan också ses som en tillämpning av antropomorfism där fordonets intelligens ger den en mänsklig, tillförlitlig karaktär.

En annan viktig aspekt för att skapa tillit är att visa syftet med automationen och hur det relaterar till användarens mål. Syftet med automationen visas inte genom designen av interaktionen men genom att erbjuda en effektivare och säkrare taxitjänst för intertransport framgår syftet, vilket i sin tur relaterar till användarens mål genom att ta personen till sin önskade destination. En ytterligare aspekt för att öka tilliten till systemet är att utbilda användaren korrekt, vilket i fabriksområden är möjligt eftersom många företag redan har utbildningar för både personal och besökare. Fordonet utvecklas för att bli autonomt på nivå 4 och därför har konceptet designats utefter det för att anpassas till korrekt nivå av automation. Andra aspekter som inte direkt rör designen av interaktionen kan också påverka tillit till automation. Dessa inkluderar fordonets beslutsfattande algoritmer och körstil som i sin tur styrs av hur den är programmerad.

12.6 Underlag för implementering

Underlaget för implementeringen är baserat på de förutsättningar som fordonet har i dagsläget, för fullständigt underlag se bilaga 6.

Primärt informationsdon

För att kunna visa olika signaler som konceptet kräver behövs en LED-slinga med individuellt styrda RGB-LED-lampor. Dessa finns i olika storlekar och utföranden, varav flera är fästa på flexibla plastremsor som möjliggör placering i kurvor. De finns även i vattentäta höljen till slingorna och de kan därför monteras på fordonets utsida utan att ta skada i olika typer av väder.

Sekundärt informationsdon

För att displayen ska möjliggöra interaktion bör det vara en pekskärm. Detta kan antingen vara en separat pekskärm som kopplas till en av de datorer som styr fordonets körning, eller en surfplatta som kommunicerar med bilens datorer. Båda alternativen implementeras i fordonet genom att bygga om instrumentbrädan så att det finns ett fäste för en display. Det är också viktigt att, i samband med implementeringen, undersöka vilken lutning displayen ska ha, så att användaren kan interagera med den på ett ergonomiskt sätt. Eftersom fordonet ska bli autonom finns inget syfte med att ha varken ratt eller pedaler. Borttagningen av dessa ger utrymme för en display utan att minska passagerarutrymmet.

Eftersom konceptet använder sig av ikoner och kartvy i realtid så behöver displayen vara sammanlänkad med fordonet och programmeras för att visa bilens intentioner. Den kontrollerade miljön gör att antalet trafiksituationer som kan uppstå är begränsade vilket leder till något förenklad programmering. Tack vare den relativt enkla utformningen och en utvecklad mock-up kan en framtida projektgrupp ta över materialet och implementera det.

Riktlinjer för fordonets beteende

Förutom att fordonet visar sina intentioner med hjälp av LED-slingan, visar också fordonets rörelser och beteenden vad den planerar att göra och vad den gör för tillfället. Fordonet bör framföras på ett lugnt och betryggande sätt där varje handling är jämn och förutsägbar. Fordonet bör accelerera och bromsa jämnt och långsamt. Detta gör att fordonet upplevs mer förutsägbart och människoliknande. I fordon med en nödstoppsknapp ska användningen av denna resultera i att fordonet omedelbart bromsar in stannar. Detta eftersom detta beteende stämmer överens med användarens mentala modell över en sådan knapp.

12.7 Kravuppfyllnad

Slutkonceptet LEDWAY utvärderas med utgångspunkt i kravspecifikationen, för fullständig utvärdering se bilaga 5.

Projektspecifika krav

De projektspecifika kraven är uppfyllda. Inuti fordonet placeras endast en display och en LED-slinga vilket tillåter åtkomst till fordonets teknik. Dimensionerna är rimliga för framtida implementering.

Krav utifrån tillit och acceptans

Kraven för att generera tillit till det autonoma fordonet är uppfyllda genom en LED-slinga som kommunicerar fordonets intentioner med hjälp av olika ljussignaler. Fordonet är också utrustat med en display där passageraren kan följa fordonets handlingar under resan.

Krav utifrån transportvanor

Kravet för medtrafikanter att fordonet ska indikera om det är ledigt eller bokat är inte uppfyllt. Detta beror av att fokus under utvecklingsarbetet varit interaktionen med fordonet under resan och inte taxitjänsten. Kraven för primäranvändaren är uppfyllda genom att fordonet möjliggör val och tillägg av resmål samt att starta resa genom den interaktiva displayen. Det indikerar också restid och väg genom gränssnittet.

Krav utifrån interna taxitjänster

Kravet för medtrafikanter att hållplatser ska vara markerade är inte uppfyllt då detta varit utanför användarscenariot. För att implementera fordonet på ett fabriksområde är detta krav viktigt att uppfylla. För primäranvändaren erbjuder displayen möjligheten att välja destination på olika sätt. Fordonet bekräftar också för primäranvändaren att den kommit till rätt destination, kan lämna fordonet säkert, visar planerad rutt och tackar för resan.

Dock säger inte fordonet till primäranvändaren om den glömt något. Displayen erbjuder inte mervärde eller en sammanfattning av resan vid ankomst. Dessa krav är i huvudsak önskvärda och bör tas hänsyn till vid vidareutveckling.

Krav utifrån inställning till autonoma fordon

Kraven som genererades från användarnas inställning till autonoma fordon uppfylls genom att det sekundära informationsdonet följer mentala modeller. Dock varierar mentala modeller vilket gör att huruvida detta kravet är uppfyllt eller inte beror på användaren. För att försäkra att detta kravet är uppfyllt krävs det ytterligare konceptverifiering.

För primäranvändaren kommunicerar fordonet sin kapacitet genom att delge sin funktionella status. Dock är inte fördelningen av ansvar tydligt och detta kravet är inte uppfyllt och behöver arbetas vidare med. Om konceptet uppfyller kravet om att medge sikt i olika väderförhållande är inte testat och kan därför inte antas vara uppfyllt.

Krav utifrån interna trafikregler

Kraven som är skapade efter interna trafikregler är uppfyllda genom att ett antal signaler är utvecklade efter de olika scenarierna; acceleration, retardation, sväng, inväntan på passagerare och tvärbroms. Ingen signal har tagits fram för när fordonet backar då de nuvarande baklyktorna behålls på fordonet. Vid omkörning visar fordonet detta genom en kombination av körstil och signal för sväng. Signalerna är också utformade så att de inte uppmanar till handling utan skapar förståelse för de handlingar fordonet utför.

Krav utifrån fabriksområde

Fordonet tar ej hänsyn till skymd sikt men tar hänsyn till starkt ljus. Fordonet tar hänsyn till starkt ljus genom att färgerna är anpassade för att synas även då. Det är ett viktigt krav om fordonet ska implementeras på fabriksområden att även ta hänsyn till skymd sikt, här förutsätter de standarder som finns på fabriksområden att fordonet ska utrustas med en bluespot. Fordonet förlitar sig inte på audiella signaler. Fordonet kommunicerar med hjälp av signaler som normalt inte används i fabriker. Här kan det förekomma variationer vilket kan kräva vidareutveckling av signalerna och göra att kravet uppfylls i specifika scenarion men inte i andra.

13

DISKUSSION

I kapitlet diskuteras huruvida syftet och målet är uppnått samt processen och dess utmaningar. Detta följs av diskussion kring projektets validitet, hållbarhet och etik samt realiserbarhet av LEDWAY i en fabriksmiljö respektive på utvecklingsfordonet. Slutligen diskuteras möjliga områden för vidareutveckling.

13.1 Syfte och mål

Målet med projektet är att genom litteratur- och användarstudier utveckla en kravspecifikation och ett koncept för interaktionen mellan ett autonomt fordon, dess passagerare samt mot medtrafikanter, för internt transport i fabriksområden och alla dessa har skapats. Litteratur- och användarstudier genomfördes och resultatet från dessa samlades i en kravspecifikation för konceptet. Denna kravspecifikation utvecklades och utvärderades i samband med idégenerering och konceptutveckling. Under projektet utformades ett underlag för vidareutveckling och implementering som i sin tur kan bidra till bättre användarupplevelser av autonoma fordon vilket uppfyller syftet.

Syftet med projektet är att bidra till en bättre användarupplevelse av autonoma fordon genom effektivare kommunikation och en ökad känsla av trygghet och tillit gentemot dessa. Hur väl konceptet kommunicerar är inte säkert eftersom slutkonceptet inte testats i den verkliga miljön. Däremot har konceptet tagits fram utifrån kravspecifikationen som baseras på litteraturstudier, marknadsanalys, intervjuer, observationer och användartester. Detta gör att lösningen är förankrad i teori och empiri inom effektivitet, trygghet och tillit på ett fabriksområde. Svagheter i utvecklingsprocessen kan ha haft en negativ inverkan på hur väl konceptet kommunicerar. För att utvärdera hur väl syftet uppfylls bör därför lösningen testas.

13.2 Processen och dess utmaningar

Balans mellan användarkrav och projektspecifika krav

Projektets upplägg skapade krav som dels rörde designen av interaktionen med ett autonomt fordon i fabriksområden och dels projektspecifika krav i att kunna realisera konceptet på en Renault Twizy. Detta specifika fordon är inte anpassat i syfte att fungera som intern taxitjänst vilket har medfört en balansgång mellan optimal design för fabriksmiljö och realiserbarhet i utvecklingsfordonet. Konceptet LEDWAY går att applicera även på andra fordon men det måste då anpassas till dessa. Bland annat så kommer en ljussignal som fungerar väl på ett mindre fordon som Twizy ge ett annat uttryck om den placeras på en buss. Ljussignalens styrka, storlek och hastighet bör därför anpassas efter fordonets form och storlek.

Det finns designbeslut som grundar sig i de projektspecifika kraven, exempelvis tidsram och budget. Dessa har påverkat lösningens utformning till att anpassas efter projektets förutsättningar. Detta medför att den optimala lösningen för syftet inte nödvändigtvis liknar LEDWAY eftersom denna lösning skapats med hänsyn till både användarscenariot och de projektspecifika förutsättningarna.

Tillgång till användningskontext

Eftersom uppdraget var kopplat specifikt till internttransport i fabriksområden finns det flera anledningar till att förankra lösningen i denna användningskontext. Detta kan ske genom att identifiera behov och krav. Det är emellertid få fabriker med relevant storlek som tillämpar interna transportsystem. Då miljön är kontrollerad krävs även tillstånd för att besöka och undersöka dessa områden vilket har försvårat insamlingen av data. Observationer och intervjuer har genomförts när det funnits möjlighet och har därför skett löpande under projektet och datan från dessa har involveras i utvecklingsprocessen så fort den blivit tillgänglig.

Tack vare den kontinuerliga insamlingen av data har kravspecifikationen varit ett levande dokument som byggts på och ändrats under tid vilket har lett till att metoder och lösningar anpassas iterativt. Idégenereringen har i sin tur också itereras flera gånger utefter de tillkomna och uppdaterade kraven. Detta medförde att det lades mycket tid på att utveckla idéer som sedan, efter att ny data tillkommit, visade sig vara bristfälliga. Först efter noggrannare analyser av kontexten och scenarion kunde mer relevanta idéer utvecklas.

Ett exempel på data som inte kunde tas hänsyn till i början av idégenereringen är hur prioriteringsordningen för fordon och medtrafikanter på fabriksområden ser ut. Många lösningar för interaktionen med autonoma fordon använder uppmanande meddelande som *After you*, i relation till fabriksområden är en sådan idé bristfällig eftersom det bryter mot prioriteringsordningen. Hade det varit känt tidigare så hade idégenereringsprocessen troligtvis resulterat snabbare i koncept som kunde utvärderas och vidareutvecklas i större utsträckning.

Projektets omfattning

Då målet med projektet har varit att utveckla interaktionen för både utsidan och insidan har projektet krävt uppdelning av resurser och fokus. Detta har resulterat i att utvecklingen inte kunnat göras lika djupgående jämfört med om projektet endast fokuserat på utsidan eller insidan. Genom att samla mer ingående data för respektive del av lösningen kan slutkonceptet utvecklas för att bättre passa användarna och miljön.

Utvecklade standarder

Utveckling som sker bland andra autonoma fordon, exempelvis personbilar och lastbilar har ännu inga standarder för kommunikation och utformning. Detta koncept utvecklades för kontrollerade miljöer men trots det kan användarna dra associationer till andra fordon. Det är därför viktigt att lösningen sammanfaller väl med standarder för dessa för att inte skapa förvirring eller otrygghet. Denna aspekt var inte känd när processen påbörjades och utvecklingsarbetet fick därför anpassas efter detta under processens gång. Vilka standarder

som kommer gälla är ännu osäkert men tack vare input från de branschspecifika intervjuerna och marknadsanalysen följer slutkonceptets utformning och val av färger dagens utveckling inom kommunikation av autonoma fordon i stort.

13.3 Slutkoncept LEDWAY

Konceptet har involverat antropomorfism genom att använda fraser och meningar som anspelar till mänskliga drag. Fordonet har även fått mänskliga namn istället för numrering vilket är en del av teorin. Däremot har ansikten och andra mänskliga drag inte involverats i lösningen då detta enligt teorin kan leda till en intimiderande effekt och påverka tilliten till fordonet negativt. LED-slingan är begränsad i sin kommunikation och undviker därigenom att efterlikna mänskliga drag. På displayen prioriterades annan information om fordonet som inger tillit istället för antropomorfiska tillämpningar.

Baserat på resultaten från konceptverifieringen är slutkonceptets *usability* inte helt verifierad. Konceptet har vidareutvecklats utifrån kommentarerna och resultaten från dessa tester men inte verifierats på nytt. De autonoma fordon som idag befinner sig i kontrollerade miljöer har en utvecklad kommunikation med medtrafikanter vilket framkom genom intervjuer och observationer. LEDWAY har en bredare kommunikationskanal för intentioner vilket ger omgivningen en större möjlighet att förstå fordonets avsikter. Även om dessa signaler inte är självklara att tolka för en förstagångsanvändare så säger de mer än vad fordonen gör idag vilket är en positiv utveckling.

13.4 Projektets validitet

De användarintervjuer som genomförts har varit med personer från flera olika fabriksområden och företag. Dessa fabriksområden har haft mycket varierande utseende och trafikupplägg. Detta gör att utvecklingen av konceptet har varit väl förankrad i de många olika scenarion som kan uppstå. Konceptet tar också hänsyn till de olika transportvanorna och regler som finns i fabrikena.

Användarna har varit delaktiga i utvecklingen men enbart vid intervjuer samt tester när ett koncept färdigställts. Involveringen av användare har lett till många insikter och värdefulla tankar, däremot saknas dessa under utvecklingsarbetet. Lösningen skulle ha kunnat tas fram tillsammans med användarna, till exempel genom fokusgrupper. På så sätt hade insikterna kommit tidigare i utvecklingsprocessen och underlättat vid val av koncept. Det hade även möjliggjort fler iterationer och lett lösningen i rätt riktning snabbare.

De observationer som genomförts har varit i olika fabriksområden där diverse trafiksituationer har framkommit men ingen av dessa miljöer har haft en intertransport med beställning. Detta innebär att inga observationer av tjänsten har genomförts utan endast intervjuer kring den. Genom att observera intertransporter med beställning skulle förståelsen för tjänsten öka och eventuellt leda till fler eller mer specifika krav kring denna. Vid mer ingående analys av bokningssystemet hade det varit möjligt att anpassa LEDWAY ytterligare för att fungera ihop med ett sådant system i framtiden.

Den kravspecifikation som projektet resulterat i har anpassats och itererats flera gånger. Den har baserats på analys av teori och empiri. Specifikationen kan därför anses vara väl genomarbetad. Däremot är kraven inte skrivna på en detaljnivå och innefattar inte målgruppens kognitiva förmåga och mentala modeller inom det givna scenariot.

Konceptverifiering

Då konceptet riktar sig till personer som vistas eller arbetar i fabriksområden är det relevant att verifiera gentemot personer i åldrarna 18-65 år. Testpersonerna i konceptverifieringen varierade mellan åldrarna 21 och 63 år med en medianålder på 23 år. Det kan argumenteras för att medianåldern inte är representativ vilket beror på att antalet testpersoner i de högre åldrarna var få. Det hade varit relevant att testa fler personer i 40-50 årsåldern då dessa förmodligen har en annan teknikvana och mental modell över autonomi jämfört med en yngre individ. Det viktigaste för en representativ verifiering var testpersonernas trafikvana och samtliga testpersoner uppgav att de hade en god sådan. Detta gör att urvalet medger god validitet.

Användartestet för primäranvändaren bedöms ha erforderlig validitet då testmiljön efterliknade ett fordon med säte, instrumentpanel och vindruta. Testet använde sig dessutom av en pekskärm som testpersonerna kunde interagera med, vilket även det stämmer väl överens med den verkliga upplevelsen. Bristen på simulering av fordonets rörelse påverkar testets validitet negativt. Det kan påverka tydligheten, tilliten, stressnivån samt användarens helhetsupplevelse relativt mycket. För att testa användarens förståelse för gränssnittet så fungerade testmiljön och utförandet tillräckligt bra.

Vid test för sidoanvändare fanns det inte möjlighet att montera och programmera en LED-slinga på utvecklingsfordonet. Detta fick istället simuleras genom att visa animationer på en projektorskärm, vilket sänker validiteten för testet. Rummet som testet utfördes i mörklades för att bilden skulle bli så tydlig som möjligt men trots detta var det ändå svårt att se de mindre kontrastfulla animeringarna som rörde sig långsammare. Detta kan ha fått konsekvensen att testpersonerna föredrog de signaler som syntes bättre på projektorduken. Det kan rättfärdigas då signalerna som syntes bättre på projektorduken även upplevs tydligare i verkligheten.

Testerna var också begränsade i det att fordonet ej animerades i rörelse. Detta gjorde att testet gav högre validitet när det kommer till att isolera tolkningen av signalerna, men sämre validitet med avseende på det verkliga scenariot där fordonets rörelser hjälper användaren att tolka signalerna rätt. Därför blev antalet rätta tolkningar troligtvis betydligt lägre än i verkligheten. I en animering fanns en människa som rörde sig framför fordonet och detta scenario upplevdes som mycket tydligt av deltagarna eftersom de kunde se människan och signalen samtidigt. Genom att visa scenariot och signalen samtidigt för alla signaler hade validiteten ökat.

13.5 Hållbarhet och etik

Den etiska grunden till att projektet kunde genomföras baseras på att autonomi kan motverka att trafikolyckor uppstår. Implementering av sensorer och kameror som kan ha uppsikt runt om hela fordonet ger autonoma fordon en direkt möjlighet att upptäcka och

reagera på farliga situationer där en människa inte hade presterat lika bra. Ur ett etiskt perspektiv är det däremot viktigt att maximera förståelse för de nya systemen som utvecklas bland alla potentiella användare. Det kan uppkomma svårigheter, framförallt i tidiga generationer av autonoma fordon som tydligt bör visa sina brister. Om fordonet inte visar brister och om personer som interagerar med fordonen inte förstår dess kapacitet så kan interaktioner leda till olyckor. Ett väl utvecklat kommunikationssystem har potential att minska antalet olyckor i fabriksområden eftersom en stor andel av arbetsolyckor är trafikrelaterade. Däremot är andelen olyckor i trafiken som sker på grund av bristande kommunikation stor. Att utveckla ett autonomt system som kommunicerar effektivt med människor är viktigt för att undvika potentiella olyckor. Idag är Bluespot-systemet ett säkerhetskrav vid flera industrier och fabriker för att förhindra olyckor. Därför kan konceptet LEDWAY utrustas med detta i framtiden och ytterligare förstärka kommunikationen med sidoanvändare.

Införandet av autonoma fordon som möter användarens krav har stor potential att öka användandet av energi i fabriker. Det är ett problem i huvudsak när användandet av autonoma fordon ställs mot gång eller cykeltransport. Jämförs autonoma fordon med traditionella fordon kan däremot energiåtgång minska radikalt. Genom att fordonen dessutom drivs av elektricitet finns förutsättningar för att internttransporten blir mer hållbar miljömässigt.

Rädslan för att jobb försvinner på grund av autonomitet är befogad. Samtidigt skapas nya jobb när behovet utveckling av nya tjänster av produkter efterfrågas. De nya jobben som skapas har däremot en annan karaktär än de som försvinner och kräver ofta högre utbildningsnivå. Föregående motsättningar kan vara viktiga att beakta och kan göras genom att väga den vinning av effektivitet som kan uppnås mot konsekvenserna av de jobb som försvinner.

13.6 Realiserbarhet

Fabriksmiljö

LEDWAY har designats för att kunna realiserats i en fabriksmiljö. Informationsdonen är anpassade efter kontextens karaktär med avseende på trafiksituation, regler och omgivningsfaktorer som ljud och ljus. Konceptet har även utformats på ett sätt som gör det relativt enkelt och kostnadseffektivt att implementera. För att det ska vara lönsamt att använda sig av en autonom interntaxi måste dock tidsbesparingarna vid transport kompensera för alla kostnaderna för LEDWAY på sikt. Dessa kostnader innefattar inte bara inköpspris utan även operatörer, servicetekniker, utbildningar och driftkostnader. Med anledning av detta är det svårt att bedöma hur kostnadseffektiv lösningen faktiskt blir i slutändan. Konceptets enkla karaktär bidrar dock till lägre implementerings- och driftkostnader jämfört med många andra alternativ vilket ökar dess realiserbarhet. Däremot krävs fortfarande autonoma fordon som konceptet kan monteras på vilket är en stor del av kostnaden.

Om en autonom internttransport ska fungera effektivt måste det löna sig att använda tjänsten istället för andra transportlösningar. I dagsläget måste personal invänta ett fordon

vid antingen en hållplats eller efter att man beställt hämtning. Denna väntan är arbetstid som går förlorad och gör att andra transportalternativ såsom gång ibland är effektivare. För att LEDWAY ska öka effektiviteten av internt transporter måste därför antalet fordon i fabriken vara anpassat efter användningsfrekvensen. Antalet fordon som behövs beror helt på fabriken storlek, layout och transportbehov.

När fordonen blir autonoma behövs även nya sätt att effektivt tillkalla en taxi och ange resmål. Ett digitalt bokningssystem skulle kunna implementeras i form av en mobilapplikation där användaren väljer tid och plats för upphämtning. Bokningssystemet skulle då kunna sköta all logistik automatiskt så att detta sker så effektivt som möjligt med avseende på tid, plats och tillgängliga fordon. LEDWAY lämpar sig för realisering i ett sådant system genom att kunna visa att det är bokat och väntar på en passagerare. Varje enhet har även ett namn som underlättar identifiering av bokat fordon. Det skulle även vara möjligt att sammankoppla bokningssystemet med det sekundära informationsdonet så att man kan välja resmål redan innan man sätter sig i fordonet. Däremot saknas indikation på fordonets utsida som kan visa användaren vilket fordon som tillhör vilken beställare.

Slutligen uttrycker användarna att en av huvudanledningarna till att överhuvudtaget använda sig av tjänsten är skydd mot väder. Det är därför viktigt att fordon som implementeras i utomhusmiljöer är utformade på ett sätt som skyddar passageraren från nederbörd, vind och kyla.

Utvecklingsfordonet

Under utvecklingsprocessen har det funnits projektspecifika krav på lösningen för att framtida projektgrupper ska kunna realisera konceptet på utvecklingsfordonet. Detta har påverkat designbesluten så att lösningen tar hänsyn till teknisk komplexitet och budget. Avancerade och dyra konceptförslag har valts bort till fördel för enklare lösningar som är lättare och billigare att köpa in och implementera. Det primära informationsdonet i LEDWAY kräver LED-slingor med enskilt programmerbara dioder. Sådana finns att köpa i flera varianter varav vissa går att styra genom en standard mikrokontroller. Eftersom animeringar med beskrivningar av rörelser och hastigheter för LEDWAY finns att tillgå bör lösningen kunna realiseras genom lättillgängliga produkter och grundläggande programmeringskunskaper.

Det sekundära informationsdonet kan realiseras genom att installera en touchdisplay på fordonets instrumentpanel samt skriva ett program som visuellt och funktionellt motsvarar prototypen som skapades i Adobe XD. Grafik i form av gränssnittselement tillhandahålls av framtida projektgrupper för att säkerställa att implementeringens utseende stämmer överens med prototypen. Slutligen måste programmet kunna kommunicera med fordonets beslutsfattande och styrande datorer för att möjliggöra visualisering och kontroll av fordonet.

Genom att sammanställa en fullständig beskrivning av riktlinjer och materiel som behövs har framtida projektgrupper goda möjligheter att realisera LEDWAY på utvecklingsfordonet, se bilaga 6.

13.7 Vidareutveckling

Användandet av audiella signaler utslöts i konceptet på grund av den höga ljudnivån i fabrikerna. Dock är det något som skulle kunna användas på insidan för att kommunicera intentioner. Det bör fortfarande användas restriktivt och diskret. En situation där det exempelvis skulle kunna användas är när passagerare ska lämna fordonet. Om dörren öppnas kan låga ljud upprepas tills dörren stängs både för att tala om för passageraren att fordonet väntar tills passageraren är klar men också för att påminna om att stänga dörren. Vid vidareutveckling för andra kontrollerade miljöer kan användandet av audiella signaler utåt undersökas. I en tystare miljö kan audiella signaler kommunicera på ett effektivt sätt om de anpassas efter situationens prioritet och tidsram.

Under intervjuer på fabrikerna framkom det att passagerarkapacitet är en viktig faktor om en autonom taxi ska kunna ersätta de nuvarande lösningarna. En utveckling för framtiden som behövs om lösningen ska vara aktuell för fler fabriker är att placera konceptet på större autonoma fordon som till exempel bussar.

Under detta projekt valdes specifika, relevanta scenarier ut som fokusområden och signaler har designats efter dessa. Innan lösningen implementeras bör fler scenarion undersökas för att se om dessa behöver en ytterligare signal utöver den indikation som fordonets egna lyktor ger. Förslag på scenarion att undersöka är bland annat; backa, nödstopp och tekniska fel.

Det kan finnas ett intresse för autonoma transporttjänster i andra kontrollerade miljöer så som flygplatser, golfbanor eller universitetscampus. Lösningen skulle då behöva anpassas även för dessa miljöer och användare. Genom en större marknad och ökade produktionsvolymerna skulle priset för konceptet även minska.

14

SLUTSATS

I kapitlet redovisas arbetets slutsatser från aspekter som bör behandlas vid utveckling, lösningsförslaget LEDWAY och rekommendationer.

14.1 Identifierade utvecklingsaspekter

Aspekterna beträffar de som utvecklingsarbetet genererat.

- Tillit och acceptans
Tillit till automation finns i stor skala inom fabriksområden. Dock är det viktigt att utforma ett gränssnitt som möjliggör att skapa tillit till det.
- Transportvanor
En autonom interntaxi kan underlätta för de anställdas transportvanor genom att erbjuda ett mer flexibelt alternativ än vad som finns tillgängligt idag.
- Interna taxitjänster
En autonom interntaxi som koncept har potential att öka effektiviteten och förbättra arbetssituationen för anställda som nyttjar tjänsten.
- Inställning till autonoma fordon
Inställning till autonoma fordon varierar och vid implementation är det viktigt att utbilda och instruera användarna och i den givna kontexten är detta möjligt.
- Interna trafikregler och standarder
Utifrån interna trafikregler och standarder kan autonom interntaxi implementeras men det kräver noga hänsyn till de aktuella reglerna. Trafikregler och standarder kan antas variera mellan olika fabriksområden samtidigt kan det förutsättas att transporter gällande produktion prioriteras över interntransport av anställda. Autonoma fordon i fabriksområde är också tillåtet.
- Fabriksområden
Fabriksområden kan vara stora till ytan vilket kräver interntransport detta gör att interntransport som koncept har god potential.
- Tillgänglig teknik
Tekniken är tillgänglig till viss del men kräver utveckling och att den anpassas utefter det givna området.

14.2 Slutkoncept LEDWAY

LEDWAY har god potential att appliceras som informationsdon för autonom interntaxi. Detta beror av hur LEDWAY utnyttjar olika komponenter för att kommunicera med användarna. Dels en LED-slinga som inte konkurrerar med annan information i ett fabriksområde och en interaktiv display som har god *usability*. Lösningförslaget kan innebära en effektiv internttransport på fabriksområden, ökad produktivitet och vara en bidragande faktor till vidareutveckling av andra autonoma lösningar.

14.3 Rekommendationer

Utvecklingsarbetet är till stor del präglad av projektets förutsättningar. För att kunna använda lösningen med varierande förutsättningar rekommenderas följande aspekter att behandlas:

- Konceptet bör utvecklas och utformas efter det aktuella transportfordonet fabriken använder.
- Lösningen bör anpassas till aktuell miljö. Varje miljö är unik och inför implementering av en autonom taxitjänst bör det tas hänsyn till.
- LEDWAY är utformat för att anpassas efter en viss prioritetsordning. Förändras denna bör också LEDWAY justeras.
- Utveckling av signaler måste följa lagar och regler som utvecklas med tiden. Eftersom det inte finns några standarder idag kommer lösningen behöva vidareutvecklas.

REFERENSER

Ahlbom, H. (2015). *Tesla och Volvo oeniga om självkörande bilars moral*. Hämtad 2019-04-15 från

<https://www.nyteknik.se/fordon/tesla-och-volvo-oeniga-om-sjalvkorande-bilars-moral-6344892>

Allied Market Research. (2018). *Global factory automation market*. Hämtad 2019-04-10 från

<https://www.alliedmarketresearch.com/factory-automation-market>

Andersson, J. (2017). *Färgblindhet*. Hämtat 2019-04-15 från

<https://www.1177.se/skane/sjukdomar-besvar/ogon-oron-nasa-och-hals/syn/fargblindhet/>

Aremyr, E., & Jönsson, M. (2017). *AVID - Autonomous Vehicles' Interaction with Drivers: An investigation of the embodiment of vehicle-driver communication and development of an HMI concept*

Arbetsmiljöverket. (2019). *Arbetsmiljöstatistik dödsolyckor orsak 2009-2018*. Hämtad 2019-05-10 från

<https://www.av.se/globalassets/filer/statistik/arbetsmiljostatistik-dodsolyckor-orsak-2009-2018.pdf>

Beer, J. M., Fisk, A. D., & Rogers, W. A. (2014). *Toward a framework for levels of robot autonomy in human-robot interaction*. *Journal of Human-Robot Interaction*, 3(2), 77. Hämtad från

<http://dx.doi.org/10.5898/JHRI.3.2.Beer>

Bligård, L. (2017). *ACD³-processen (Utvecklingsprocessen ur ett människa-maskinperspektiv)*.

Cassidy, D. T. (2011). *The Mood Board Process Modeled and Understood as a Qualitative Design Research Tool*. Hämtad 2019-03-20 från

https://www.researchgate.net/publication/263775523_The_Mood_Board_Process_Modeled_and_Understood_as_a_Qualitative_Design_Research_Tool

Cunningham, L. M., & Regan, M. (2015). *Autonomous Vehicles: Human Factors Issues and Future Research*. Hämtad 2019-04-16 från

https://www.researchgate.net/profile/Mitchell_Cunningham2/publication/310327242_Autonomous_Vehicles_Human_Factors_Issues_and_Future_Research/links/582b7f8808ae004f74afb8e5/Autonomous-Vehicles-Human-Factors-Issues-and-Future-Research.pdf

Cuthbertson, A. (2018). *GOOGLE SPIN-OFF WAYMO SET TO BEAT UBER AND LYFT TO LAUNCH SELF-DRIVING TAXI SERVICE*. Hämtad 2019-04-06 från

<https://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/self-driving-taxi-waymo-driverless-car-uber-lyft-alphabet-google-a8632891.html>

Duffy, R. B. (2003). *Anthropomorphism and Robotics*. Hämtad 2019-04-23 från

https://www.researchgate.net/publication/228592343_Anthropomorphism_and_Robotics

Dzindolet, M., Peterson, S., Pomranky, R., Pierce, L. & Beck, H. (2003). *The role of trust in automation reliance*

Enreal. (2013). *Autonomous Vehicles Have a Wide Range of Possible Energy Impacts*.

Hämtad 2019-04-21 från

<https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/59210.pdf>

Fagnanta, J. D., & Kockelman, K. (2015). *Preparing a nation for autonomous vehicle: opportunities, barriers and policy recommendations*. Hämtad 2019-04-10 från

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415000804>

<https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>

Haslam, N. (2006). Dehumanization: *An Integrative Review*. *Personality and Social Psychology Review*, 10(3), pp.252-264.

Hoff, K., & Bashir, M. (2014). *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 57(3).

doi:10.1177/0018720814547570

International Ergonomics Association. (u.å.). *Definition and Domain of Ergonomics*. Hämtad 2019-04-18 från

<https://www.iea.cc/whats/>

ISO. (2018) *Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts*. Hämtad 2019-04-10 från

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>

Jordan, W. P. (1988). *An Introduction To Usability*.

Laja Uggah, L. & Manaf, A. A. (2015). *Overcoming the Uncanny Valley Theory in Digital Characters Based on Human Attitudes*. Hämtad 2019-04-05 från

https://www.researchgate.net/publication/280638621_Overcoming_the_Uncanny_Valley_Theory_in_Digital_Characters_Based_on_Human_Attitudes

Marsh, S., & Dibben, M. R. (2005). *Trust, Untrust, Distrust and Mistrust – An Exploration of the Dark(er) Side*. Hämtad från

doi:10.1007/11429760_2

Martin, J., Bell, R., Farmer, E., & Henry, J. (2010). *Technique Library*, Milton Keynes, UK: Open University,

Mayer, C. R., Davis, H. J., & Schoorman F. D. (1995). *AN INTEGRATIVE MODEL OF ORGANIZATIONAL TRUST*. Hämtad 2019-04-02 från

<http://people.wku.edu/richard.miller/Mayer%20Trust%20article.pdf>

MacKenzie, I. S. (2013). *Human-computer interaction: An empirical research perspective*. p.71-120

McKinsey & Company. (2017). *A FUTURE THAT WORKS: AUTOMATION, EMPLOYMENT, AND PRODUCTIVITY*. Hämtad 2019-03-24 från <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>

Mercedes-Benz. (2015). *The Mercedes-Benz F 015 Luxury in Motion*. Hämtad 2019-04-05 från <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/research-vehicle-f-015-luxury-in-motion/>

Nissan. (2015). *NISSAN IDS CONCEPT*. Hämtad 2019-04-05 från <https://www.nissan.co.uk/experience-nissan/concept-cars/ids-concept.html>

Norman, D. (1988). *The psychology of everyday things*.

Petermeijer, S., Bazilinskyy, P., Bengler, K., & Winter, J. D. (2017). *Take-over again: Investigating multimodal and directional TORs to get the driver back into the loop*.

Popken, A., Krems, J., & Nilsson, L. (2015). *Drivers' Reliance on Lane-Keeping Assistance Systems as a Function of the Level of Assistance*. Hämtad från doi:10.1007/bf03373945

Pugh, S. (1981). *Concept selection: a method that works*. In: Hubka, V. (ed.), *Review of design methodology. Proceedings international conference on engineering design*

Rasouli, A., & Tsotsos, K. J. (2018). *Autonomous Vehicles that Interact with Pedestrians: A Survey of Theory and Practice*. Hämtad 2019-04-14 från <https://arxiv.org/pdf/1805.11773.pdf>

Motion 2018/19:1548. *Gör det lagligt att använda självkörande fordon i Sverige*. Hämtad från http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/motion/gor-det-lagligt-att-anvanda-sjalvkorande-fordon-i_H6021548

Motion 2018/19:2651. *Landsbygden och införande av självkörande fordon*. Hämtad från http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/motion/landsbygden-och-inforande-av-sjalvkorande-fordon-_H6022651

Motion 2018/19:459 *Ökad satsning på självkörande bilar, trafiksäkerhet och underhåll i det svenska nätverket*. Hämtad från http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/motion/okad-satsning-pa-sjalvkora-nde-bilar_H602459

Shuttleworth, J. (2019). *SAE Standards News: J3016 automated-driving graphic update*. Hämtad 2019-03-15 från <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>

Skogh, P., & Cserhalmi, N. (2017). *Hur ska vi jobba och leva i en automatiserad värld?*. Hämtad 2019-04-15 från <https://www.arbetetsmuseum.se/wp-content/uploads/2018/04/Dokumentation-30-nov.pdf>

Smids, J., & Nyholm, S. (2016). "*Människan orsakar 90 procent av alla olyckor*". Hämtad 2019-04-15 från <https://link.springer.com/article/10.1007/s10677-016-9745-2>

Sucha, M., Dostal, D., & Risser, R. (2017). Pedestrian-driver communication and decision strategies at marked crossings. Hämtad 2019-04-12 från <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.02.018>

Sundberg, S. (2018). *Människan orsakar 90 procent av alla olyckor*. Hämtad 2019-04-15 från <https://www.svd.se/manniskan-orsakar-90-procent-av-alla-olyckor>

Svensk material- och mekanstandard. (1997). *SS-EN1525 Säkerhet för industritruckar - Förlösa truckar och deras system. SMS, Svensk material- och mekanstandard.*

Söderberg, M. (u.å.). *Mentala modeller*. Hämtad 2019-04-09 från <http://www.csc.kth.se/utbildning/kth/kurser/DH2622/mdifk07/mariso.pdf>

Trafikverket. (2018). *253 döda i trafiken 2017 lägsta antalet sedan 40-talet*. Hämtad 2019-04-21 från <https://www.trafikverket.se/om-oss/pressrum/pressmeddelanden/Nationellt/2018/2018-04/253-doda-i-trafiken-2017-lagsta-antalet-sedan-40-talet/>

Volvo Cars. (2018). *Koncept 360c*. Hämtad 2019-04-05 från <https://www.volvocars.com/se/om-volvo/innovation/koncept-360c>

Waytz, A., Heafner, J., & Epley, N. (2014). *The mind in the machine: Anthropomorphism increases trust in an autonomous vehicle*. Hämtad 2019-03-25 från <https://faculty.chicagobooth.edu/nicholas.epley/WaytzHeafnerEpley2014.pdf>

Werner, A.. (2018). *New Colours for Autonomous Driving: An Evaluation of Chromaticities for the External Lighting Equipment of Autonomous Vehicles*. Hämtad 2019-04-10 från <https://open-journals.uni-tuebingen.de/ojs/index.php/tct/article/view/692>
<http://dx.doi.org/10.25538/tct.v0i1.692>

Wickens, D. C. (2002). *Multiple resources and performance prediction*. Hämtad 2019-04-05 från https://hci.rwth-aachen.de/index.php?option=com_attachments&task=download&id=51

Wikberg Nilsson, Å., Ericson, Å. & Törnlin, P. (2015) *Design: Process och metod*

A. Figurreferenser

- 1.1: Fotograf Lisa Rooth, 2019.
- 2.1-2.3: Skapare Christina Göthberg och William Bjöersdorff, 2019.
- 3.1: Skapare Mattias Nilsson, 2019.
- 3.2: Illustratör Carolina Nordin, 2019.
- 6.1: Illustratör Christina Göthberg, 2019.
- 6.2: Illustratör Christina Göthberg, 2019.
- 6.3: Illustratör William Bjöersdorff, Julius Bung Tidblom, Christina Göthberg, Mattias Nilsson, Carolina Nordin och Lisa Rooth, 2019.
- 6.4: Fotograf Lisa Rooth, 2019.
- 6.5: Illustratör William Bjöersdorff, Julius Bung Tidblom, Christina Göthberg, Mattias Nilsson, Carolina Nordin och Lisa Rooth, 2019.
- 6.6: Fotograf William Bjöersdorff och Carolina Nordin, 2019.
- 8.1: Skapare Mattias Nilsson, 2019.
- 10.1: Skapare Christina Göthberg, 2019.
- 10.2: Illustratör Carolina Nordin, 2019.
- 10.3: Skapare Mattias Nilsson, 2019.
- 10.4: Skapare William Bjöersdorff, 2019.
- 10.5: Skapare Lisa Rooth, 2019.
- 10.6: Skapare Mattias Nilsson, 2019.
- 10.7: Skapare William Bjöersdorff, 2019.
- 10.8-10.12: Skapare Mattias Nilsson, 2019.
- 11.1-11.7: Illustratör Christina Göthberg, 2019.
- 12.1-12.2: Illustratör William Bjöersdorff, 2019.
- 12.3-12.4: Skapare William Bjöersdorff, 2019.
- 12.5-12.6: Skapare William Bjöersdorff, 2019.
- 12.7-12.12: Skapare Mattias Nilsson, 2019.

Figur 2.1, 10.7, 12.1, 12.5 är redigerade utifrån:

Durán Otiz M. R. (2016). *Renault Twizy electric quadricycle* [jpg]. Hämtad från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Renault_Twizy_Salao_Auto_SAO_2016_9403.jpg

Omslag och följande figurer 2.2, 10.3, 12.2, 12.6 är redigerade utifrån:

Nomi J. (2016). View from fast moving car on predecessor [png]. Hämtad från https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Car_dashboard_drive_CC0_b2.png

Figur 8.1 är redigerad utifrån

Deen M. (u.å.). [jpg]. Hämtad från <https://www.pexels.com/photo/factory-shop-floor-325151/?fbclid=IwAR06RdU-MkjYzoX1U97vmqfогt2kbbtRKGyq1Zc2m7uLNEixY5kemhviFPo>

B. Bilagor

Bilaga 1 - *Intervjumall för empirisk studie*

Namn:

Position:

Ålder:

Teknikvana:

Körvana:

Transportvanor

- På vilket sätt förflyttar du dig? Varför?
- Hur ofta förflyttar du dig inom och mellan olika faciliteter?
- Vart, hur långt och länge förflyttar du dig?

Om taxitjänsten

- Beskriv tjänsten samt din upplevelse av denna
 - Tid, bekvämlighet, hållplatser, vad tycker dina kollegor?
- Hur beskriver du vart du vill åka?
- Vad gör du under resan?

Inställning till autonoma robotar/fordon

- Har din arbetsplats autonoma robotar/fordon idag?
 - Om ja, tillit, säkerhet, användbarhet i dagsläget?
 - Inställning till autonoma robotar/fordon på din arbetsplats?

Autonom taxi

- Hur skulle du känna inför att sätta dig i och transporteras i en autonom bil?
 - Vad skulle göra att du känner dig mer bekväm?
- Vad behöver fordonet för att den ska fungera på din arbetsplats?
 - Ljudnivå? Andra fordon? Trafikregler? Vissa hållplatser? Storlek på bilen? Plats för väska?
 - Hur påverkar parametrar som hastighet, väder/sikt, utomhus/inomhus?
- Vad skulle göra att du tar en autonom taxi istället för dagens transportmedel?

Vistas i en miljö med autonoma taxi

- Hur säker skulle du känna dig att gå runt i en arbetsmiljö med autonoma fordon?
- Vad skulle gjort att du känner dig mer bekväm att vistas omkring (gå runt bland) autonoma fordon?
 - Hur påverkar parametrar som hastighet, väder/sikt, trafik, utomhus/inomhus, avskilda gångstråk?

Bilaga 2 - Intervjumall för konceptverifiering av primäranvändaren

Tillsammans med en grupp studenter på Chalmers håller på med att utveckla interaktionen med ett autonomt eldrivet fordon. Vi har arbetat med att utveckla gränssnitt och signaler för att indikera situationer och intentioner. Det är just dessa vi ska testa idag. Fokuset på dagens test är signalerna på insidan. Där du som testperson agerar passagerare, du befinner dig alltså inuti fordonet.

Under testet kommer [namn] att anteckna. Vi kommer att filma testet för att kunna analysera resultaten vid ett senare tillfälle men vi kommer inte att filma ditt ansikte. Om du inte känner dig bekväm kan du dra dig ut ur testet när som helst.

Jag börjar med att introducera dig kort till testets upplägg. Testet består av tre delar och tar cirka 30 minuter;

- I första delen testar vi en skärm
- I andra delen testar vi 10 signaler i olika scenario
- I tredje delen ombeds du att jämföra 2 signaler som visas samma situation

För att inleda testet vill vi ställa lite grundläggande frågor:

- Vad heter du?
- Hur gammal är du?
- Har du körkort?
- Har du några synnedsättningar?
- Vad är din inställning till autonoma fordon?
- Hur bekant är du med Chalmers campus?

Testets **första del** kommer gå till på följande sätt:

Skärmen är tänkt att sitta i en självkörande bil som skjutsar människor omkring på Chalmers campus. Vi kommer att be dig att tänk dig in i vissa scenarion och utföra vissa uppgifter med hjälp av en skärm. Detta är enbart en prototyp vilket innebär att vissa funktioner inte kommer vara fullt fungerande. Under testets gång får du jättegärna tänka högt och berätta hur du tolkar skärmen och varför du gör som du gör. Vi kommer även att ställa frågor om ditt användande.

Vi startar testet när du känner dig redo.

1 . Du har precis kommit ut från en föreläsning och befinner dig på rännvägen utanför Datortekniks lokaler. Om en stund ska du möta en vän på STORE i kårhuset. Du ser en av Chalmers självkörande bilar och sätter dig i den.

Det här är skärmen som sitter framför dig i bilen.

Vad visas på den här [första] skärmen?

Varför tror du det?

Fortsätt med att ta dig till STORE.

Varför valde du att göra så?

[Destination vald] Är du säker på att bilen kommer ta dig till STORE nu?

Varför?

Du har sett fel på klockan, du ska först på ett möte i konferensrummet Gamma.

Åk till Gamma istället.

Varför valde du att göra så?

Om du inte redan gjort det: Starta färden.

[Destination vald] Är du säker på att bilen kommer ta dig till Gamma nu?

Varför?

Fanns det något som du tyckte var otydlig?

På vilket sätt?

Bilen startar och kör framåt. Du tar upp din telefon och svarar på ett sms. När du kollar upp igen har bilen åkt ca 150 meter och skärmen som visas ser ut så här [reseskärmen som redan är framme].

Kolla på ikonerna till vänster, vad tror dom visar?

Varför tror du det?

Du ser en vän utanför fönstret och vill stanna för att prata en stund. Avbryt bilens pågående resa.

Varför valde du att göra så?

Tryck på resume.

Hur upplever du den här skärmen i sin helhet?

Varför då?

Är det något på denna skärm som du upplever otydligt?

Varför då?

Testets **andra del** kommer gå till på följande sätt:

Vi kommer visa dig 10 olika signaler där vi kommer be dig att tolka vad dom betyder.

Fordonets signaler kommer att visas med hjälp av animeringar och en projektor. Inför varje signal kommer du få ett scenario av den situation som triggat signalen. Efter varje scenario kommer frågor ställas kopplat till det du precis sett. Syftet för denna delen är att kolla om du som passagerare förstår fordonets intentioner och signaler. Viktigt att komma ihåg är att samma intention kan dyka upp flera gånger, så varje signal visar nödvändigtvis inte en unik signal.

1. **Scenario:** Du sitter i fordonet och det står stilla, följande signal visas; (Vänta)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
2. **Scenario:** En människa dyker upp på körbanan, följande signal visas; (Tvärbroms)

- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
3. **Scenario:** Fordonet rullar, följande signal visas: (Start)
- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
4. **Scenario:** Du sitter i fordonet och det står stilla, följande signal visas; (Vänta)
- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
5. **Scenario:** Fordonet rullar, följande signal visas: (Vänstersväng)
- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
6. **Scenario:** Fordonet rullar, följande signal visas: (Inbromsning)
- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
7. **Scenario:** En människa dyker upp på körbanan, följande signal visas; (Tvärbroms)
- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
8. **Scenario:** Fordonet rullar, följande signal visas;; (Hinder)
- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
9. **Scenario:** Fordonet rullar, följande signal visas: (Inbromsning)
- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
10. **Scenario:** Fordonet rullar, följande signal visas: (start)
- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?

Nu går vi in i testets **tredje del**, och det kommer gå till på följande sätt:

Vi kommer visa två jämförande signaler som visar samma intention. Total 4 jämförelser kommer att göras. Inför varje jämförelse kommer ett scenario att ges och därefter visas signalen upp. Efter det blir du tillfrågad att svara på frågor.

1. **Scenario:** Du sitter i fordonet och det står stilla, följande signaler visar att fordonet väntar på att färden ska starta.
 - a. Vilken upplever du är tydligast?
 - i. Varför?
2. **Scenario:** Ett akut hinder dyker upp på vägbanan och följande signaler visar att fordonet tvärbromsar.
 - a. Vilken upplever du är tydligast?
 - i. Varför?
3. **Scenario:** Fordonet rullar, följande signal visar att fordonet accelererar.
 - a. Vilken upplever du är tydligast?
 - i. Varför?
4. **Scenario:** Fordonet rullar, följande signal visar att fordonet retarderar.
 - a. Vilken upplever du är tydligast?
 - i. Varför?

Vi avslutar testet med att fråga dig om helhetsupplevelsen av konceptet. Du ombeds att värdera konceptet utifrån skalor av ord.

Har du något du skulle vilja tillägga?

Bilaga 3 - *Intervjumall för konceptverifiering av sidoanvändaren*

Hej och välkommen till användartestet "Förstår du fordonets intentioner?". Jag tillsammans med en grupp studenter på Chalmers håller på med att utveckla interaktionen med ett autonomt eldrivet fordon. Vi har arbetat med att utvecklat signaler för att indikera situationer och intentioner. Det är just dessa vi ska testa idag. Fokuset på dagens test är signalerna utåt. Där din roll som testperson är att du är medtrafikanter, alltså befinner du dig utanför fordonet.

Jag börjar med att introducera dig kort till testets upplägg. Testet består av två delar och tar cirka 30 minuter;

- I första delen testar vi 10 signaler i olika scenario
- I andra delen ombeds du att jämföra 2 signaler som visas samma situation

Fordonets signaler kommer att visas med hjälp av animeringar och en projektor. Under testet kommer [namn] att anteckna och för att inleda testet vill vi ställa lite grundläggande frågor:

- Vad heter du?
- Hur gammal är du?
- Har du körkort?
- Vad är din inställning till autonoma fordon?

Testets **första del** kommer gå till på följande sätt:

Vi kommer visa dig 10 olika signaler där vi kommer be dig att tolka vad dom betyder. Inför varje signal kommer du få ett scenario av den situation som triggar signalen. Efter varje scenario kommer frågor ställas kopplat till det du precis sett. Syftet för denna delen är att kolla om du som medtrafikanter förstår fordonets intentioner och signaler. Viktigt att komma ihåg är att samma intention kan dyka upp flera gånger, så varje signal visar nödvändigtvis inte en unik signal.

1. **Scenario:** Du går förbi fordonet och det står stilla, följande signal visas; (Vänta)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
2. **Scenario:** Du går ut på körbanan framför fordonet, följande signal visas; (Tvärbroms)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
3. **Scenario:** Du går förbi fordonet, det rullar, följande signal visas: (Start)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
4. **Scenario:** Du går förbi fordonet och det står stilla, följande signal visas; (Vänta)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
5. **Scenario:** Du går förbi fordonet, det rullar, följande signal visas: (Vänstersväng)

- a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
- 6. **Scenario:** Du går förbi fordonet, det rullar, följande signal visas: (Inbromsning)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
- 7. **Scenario:** Du går ut på körbanan framför fordonet, följande signal visas; (Tvärbroms)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
- 8. **Scenario:** Fordonet kör förbi dig på gatan och visar följande signal; (Hinder)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
- 9. **Scenario:** Du går förbi fordonet, det rullar, följande signal visas: (Inbromsning)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?
- 10. **Scenario:** Du går förbi fordonet, det rullar, följande signal visas: (start)
 - a. Vad signalerar fordonet?
 - b. Hur säker känner du dig på det?
 - c. Vad tycker du om signalen?

Nu går vi in i testets **andra del**, och det kommer gå till på följande sätt:

Vi kommer visa två jämförande signaler som visar samma intention. Total 4 jämförelser kommer att göras. Inför varje jämförelse kommer ett scenario att ges och därefter visas signalen upp. Efter det blir du tillfrågad att svara på frågor.

- 1. **Scenario:** Du går förbi fordonet och det står stilla, följande signaler visar att fordonet väntar på en passagerare.
 - a. Vilken upplever du är tydligast?
 - i. Varför?
- 2. **Scenario:** Ett akut hinder dyker upp på vägbanan och följande signaler visar att fordonet tvärbromsar.
 - a. Vilken upplever du är tydligast?
 - i. Varför?
- 3. **Scenario:** Du går förbi fordonet, det rullar och följande signal visar att fordonet accelererar.
 - a. Vilken upplever du är tydligast?
 - i. Varför?
- 4. **Scenario:** Du går förbi fordonet, det rullar och följande signal visar att fordonet bromsar in.
 - a. Vilken upplever du är tydligast?
 - i. Varför?

Vi avslutar testet med att fråga dig om helhetsupplevelsen av konceptet. Du ombeds att värdera konceptet utifrån skalor av ord.

Bilaga 4 - Pugh-matris för konceptutvärdering

- + indikerar en bättre måluppfyllnad än referenskonceptet
- indikerar en sämre måluppfyllnad än referenskonceptet
- x indikerar att kravet inte uppfylls av konceptet

Gråmarkerade rutor är kritiska krav för projektet. Om dessa inte uppfylls kan inte konceptet användas.

Krav/Önskemål	Vikt 1-5	Koncept B	Koncept A	Koncept C
Kommunicera fordonets intentioner inåt				
- Tvärbroms	4	0	-	-
- Omkörning	2	0	0	+
- Invänta	4	0	0	0
- Oöverkomliga hinder	2	0	0	0
- Svänga	3	0	+	+
Kommunicera fordonets intentioner utåt				
- Accelerera från stillastående	4	0	-	+
- Bromsa in (sett bakifrån)	5	0	0	0
- Bromsa in (sett framifrån)	3	0	0	+
- Svänga	5	0	0	+
- Omkörning	3	0	0	+
- Invänta andra fordon eller människor	4	0	0	0
- Köra där människor nu står i vägen	2	0	0	0
Kommunicera <u>att</u> fordonet ser ett hinder - inåt	3	0	+	-
Kommunicera <u>att</u> fordonet ser ett hinder - utåt	4	0	-	-
Kommunicera <u>vad</u> fordonet ser - inåt	1	0	+	0

Kommunicera <u>vad</u> fordonet ser - utåt	1	0	0	0
Ska fungera i olika väderförhållanden	5	0	0	X
Möjliggöra kommunikation utåt vid skymd sikt pga hörn	5	0	0	+
Projektspecifika krav				
- Låg kostnad	2	0	-	-
- För projektet tekniskt genomförbart	5	0	-	-
- Tid att genomföra	5	0	0	0
Totalt		0	-12	2

Bilaga 5 - *Kravuppfyllnad*

I tabellen refereras primärt informationsdon som LED-slinga och sekundärt informationsdon som display. [G] är generella krav, [P] är krav för primäranvändaren och [S] är krav för sidoanvändaren.

Område	Krav	Uppfylls krav?
Projektspecifika	[G] Utformning och dimensioner ska möjliggöra implementering på en Renault Twizy	Ja
	[G] Utformningen ska vara möjlig att utveckla inom projektets tidsram och budget	Ja
	[G] Utformningen av instrumentpanelen ska tillåta enkel åtkomst till fordonets elektronik	Ja
Tillit och acceptans	[G] Använda inre konsekvens mellan insida och utsida för interaktionen - <i>önskvärt</i>	Ja, LED-slingan har likvärdiga signaler inåt och utåt.
	[G] Fordonet ska visualisera sin process genom att visa intentioner	Ja, LED-slingan och displayen visar fordonets process.
	[G] Fordonet ska visualisera sin process genom att visa objekt som fordonet detekterar - <i>önskvärt</i>	Ja, LED-slingan och displayen visar om fordonet detekterar något.
	[P] Fordonet ska kommunicera på ett sätt som är tydligt och förståeligt för passageraren	Ja, signalerna kan antas vara förståeliga.
	[P] Fordonet ska visualisera tidigare prestation av automation	Ja, displayen visualiserar det.
	[S] Fordonet ska kommunicera på ett sätt som är tydligt, förståeligt och oberoende av språk för medtrafikanter	Ja, signalerna beror inte på språk.
	[S] Fordonet ska förmedla att det är autonomt	Nej.
Transportvanor	[P] Fordonet ska möjliggöra för passagerare att ange resmål utifrån ett begränsat antal alternativ	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska möjliggöra för passagerare att starta resa	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska möjliggöra för passagerare att avbryta, pausa och ändra resmål under färden	Ja, displayen medger det.

	[P] Fordonet ska möjliggöra för passagerare att visa beräknad tid och/eller sträcka till destinationen - <i>önskvärt</i>	Ja, displayen medger det.
	[S] Fordonet ska visa om det är ledigt eller bokat - <i>önskvärt</i>	Nej.
Interna taxitjänster	[P] Fordonet ska erbjuda flera sätt att välja destination	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska bekräfta att passageraren kommit till rätt destination	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska bekräfta att passageraren kan lämna fordonet säkert	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska visa planerad rutt, ankomsttid och/eller restid	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska tacka för resan - <i>önskvärt</i>	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska säga till att passageraren har glömt något i fordonet - <i>önskvärt</i>	Nej.
	[P] Fordonet ska erbjuda mervärde i form av underhållning och praktisk information - <i>önskvärt</i>	Nej.
	[P] Fordonet ska erbjuda sammanfattning av resan efter avslutad färd - <i>önskvärt</i>	Nej.
	[S] Avsedda hållplatser ska vara markerade	Nej.
Inställning till autonoma fordon	[P] Fordonet och informationsdonet ska stämma överens med användarens mentala modell	Ja, LED-slingan och displayen medger det.
	[P] Fordonet ska kommunicera fordonets funktionella status	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska kommunicera fördelning av ansvar för fordon respektive primäranvändare	Ja, indirekt genom signalernas färg.
	[P] Fordonet ska kommunicera sin funktionella status	Ja, displayen medger det.
	[P] Fordonet ska medge sikt för primäranvändaren i olika väderförhållanden - <i>önskvärt</i>	Delvis, bör testas.

	[S] Fordonet och informationsdonet ska stämma överens med användarens mentala modell	Ja.
Interna trafikregler	[G] Fordonet ska anpassa sig efter interna trafikregler	Ja.
	[G] Fordonet ska kunna kommunicera följande intentioner för primär- och sidoanvändare; • Acceleration • Retardation • Back • Sväng • Omkörning • Inväntan på passagerare • Tvärbroms	Ja, med undantag av back där ingen tagits fram men rekommendationer finns för hur denna kan utformas.
	[S] Fordonet ska kommunicera att det är aktivt	Ja.
	[S] Fordonet ska ej uppmana sidoanvändare till handling	Delvis, uppmanar vid tvärbroms.
Fabriksområde	[G] Fordonet ska ej förlita sig på audiella signaler	Ja.
	[G] Fordonet ska kommunicera via signaler som ej associeras med andra signaler i fabriken	Delvis, behöver testas eftersom det beror av aktuell kontext.
	[G] Fordonet ska ta hänsyn till att medtrafikanter inte uppmärksammar fordonet	Ja.
	[G] Fordonet ska ta hänsyn till olika väderförhållanden, temperatur, sikt, ljus och underlag	Delvis. Detta bör testas.

Bilaga 6 - Underlag för implementering

Följande dokument är en plan med instruktioner för hur konceptet LEDWAY är tänkt att implementeras i en autonom, dörrlös Renault Twizy. För att få en fullständig bild över lösningen samt motiveringen till dess designval uppmuntras att läsa Design för Interaktionen av ett Autonomt Fordon innan implementering påbörjas. Där beskrivs även aspekter att ta hänsyn till vid vidareutveckling för andra fordon.

Materiel

Följande materiel krävs för att implementera konceptet LEDWAY

1st Touchdisplay eller tablet 9-11"

5m LED-slinga med individuellt programmerbara dioder i RGB. 60 dioder/m.

1m LED-slinga med individuellt programmerbara dioder i RGB. 144 dioder/m.

5m plasthölje $\varnothing$ 15mm

1m plasthölje $\varnothing$ 15mm

1st Arduino mega 2560

1st Nätverksaggregat 5V 2A

1st Kopplingsdäck

Kopplingstrådar i diverse längder

Resistorer med diverse motstånd

Kondensatorer med diverse kapacitet

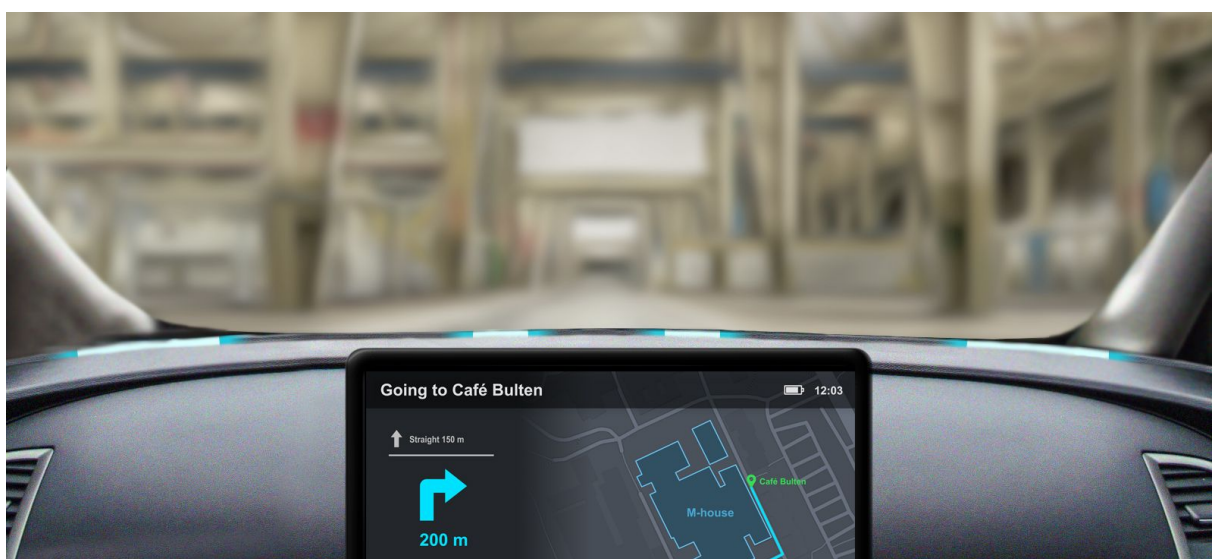
Buntband

Kabelfästen eller annan monteringsutrustning

Lämpliga verktyg såsom skruvmejsel, flackång, avbitare och lödkolv.

Implementering av LEDWAY

LED-slingan ska placeras inuti plasthöljen eller likvärdiga skydd som är vattenresistent. Slingan placeras inuti och utanpå bilen enligt bilderna nedan.



Figur 1, bilaga 5, LED-slingans placering inuti fordonet



Figur 2, bilaga 6, LED-slingans placering utanpå utvecklingsfordonet

Detta kan göras med diskreta kabelfästen eller liknande monteringsutrustning som inte täcker dioderna. Det är viktigt att löst kablage täcks för att lösningen ska uttrycka tillit.

Displayen bör monteras i mitten av instrumentpanelen framför sätet. Avståndet mellan display och ögon på normallång person bör vara 50-80cm vid förflyttning av sätet. Displayen bör vara vinklad sådan att en normallång person ser vinkelrätt på displayen när denne sitter upprätt gentemot sätet. Komponenter så som ratt och pedaler ska tas bort ur fordonet. Resterande instrumentpanel bör vara i liknande kulör och material som fordonets interiör.

Nödstoppsknapp bör undvikas i lösningen. Om ej möjligt ska denna placeras diskret på höger sida av instrumentpanelen. Enbart en röd knapp bör vara synlig. Vid tryck på denna ska fordonet så fort som möjligt ge full broms. Efter detta knapptryck ska fordonet stå helt stilla tills ny resa påbörjas, oavsett underlag och geografisk lutning.

Övriga komponenter eller detaljer som monteras in i fordonet bör vara väl dolda. Om ej möjligt ska de vara välplacerade i linje med fordonets form samt vara ihopsatta på ett sådant sätt att de inte är eller ser ut att kunna bli utsatta för yttre fysisk påverkan vid normal användning.

Utveckling av LED-slinga

LED-slingan ska programmeras enligt animationer som går att hitta genom följande länk:

Insida:

https://drive.google.com/drive/folders/1W_pTVtzZlt26iUGlWHDvtWJcn6bKgo8Y?usp=sharing

Utsida:

<https://drive.google.com/drive/folders/1XTiZsbeHq8BRRk3lDz3dfpWZSTnEVmk3?usp=sharing>

Stillbilder av signalerna finns i kapitel 11 i *Design av interaktion för ett autonomt fordon*.

LED-slingan kopplas till Arduino mega 2560 som programmet ligger på. Detta gör den med hjälp av kopplingsdäcket, kopplingstrådar och övriga komponenter. Detta system kopplas i sin tur till nätverksaggregatet.

Färgerna som används för LED-slingan

Turkos = RGB(129, 230, 227)

Selective Yellow = RGB(255, 186, 00)

Vit = RGB(255, 255, 255)

LEDWAY på fordonets utsida

Acceleration - Segment lyses upp i turkos och initieras från mitten av fordonets framsida. De färdas sedan i ökade hastighet till mitten av fordonets baksida när segmentet försvinner. Signalen är symmetrisk på både höger och vänster sida av fordonet. De första segmenten, rör sig med hastigheten 0,8 m/s. Hastigheten för varje nästkommande segment ökas med en faktor av 1,19. Nästa segment initieras 1,2 sekunder efter att de första initierades. Tidsskillnaden mellan initieringen för varje nästkommande segment förkortas med en faktor av 0,75. Segmenten är 200 mm långa och lika höga som LED-slingan.

Retardation - Segment lyses upp i turkos och initieras från mitten av fordonets framsida. De färdas sedan i minskande hastighet till mitten av fordonets baksida när segmentet försvinner. Signalen är symmetrisk på både höger och vänster sida av fordonet. De första segmenten, rör sig med hastigheten 1,1 m/s. Hastigheten för varje nästkommande segment minskas med en faktor av 0,8. Nästa segment initieras 0,9 sekunder efter att de första initierades. Tidsskillnaden mellan initieringen för varje nästkommande segment förlängs med en faktor av 1,17. Segmentens storlek är 200 mm långa och lika höga som LED-slingan.

Tvärbroms - Hela slingan blinkar i *selective yellow*. Slingan lyser i 0,3 sekunder och är släckt i 0,3 sekunder. Denna signal upprepas medan bromsning pågår.

Hinder - Segment lyser upp i gult. Segmentets längd relaterar till hindrets avstånd från fordonet. Som kortast är segmentet 100 mm och som längst blir segmentet 300 mm och längden ökar desto närmare hindret befinner sig. Avståndet för hindret då segmentet först lyser upp bör anpassas till fordonets dåvarande bromssträcka. Segmentet bör lysa upp i god tid innan dess att fordonet påbörjar inbromsning.

Vänta - På slingan tänds och släcks dioder i turkos slumpmässigt i intervaller av 2 sekunder vardera.

Sväng - Fordonets befintliga körriktningsvisare nyttjas.

LEDWAY på fordonets insida

Acceleration - Segment lysas upp i turkos och initieras från mitten av vindrutan. De färdas sedan i ökade hastighet till utkanten av slingan vid vindrutans kant där segmentet försvinner. Signalen är symmetrisk på både höger och vänster sida av slingan. Segmentets längd är 50 mm vid start och ökar linjärt till 100 mm när det når slutet av slingan. Det första segmentet rör sig med hastigheten 0,3 m/s. Hastigheten för varje nästkommande segment ökas med en faktor av 1,19. Nästa segment initieras 1,0 sekunder efter att de första initierades. Tidsskillnaden mellan initieringen för varje nästkommande segment förkortas med en faktor av 0,8.

Retardation - Segment lysas upp i turkos och initieras från mitten av vindrutan. De färdas sedan i minskande hastighet till utkanten av slingan vid vindrutans kant där segmentet försvinner. Signalen är symmetrisk på både höger och vänster sida av slingan. Segmentets längd är 50 mm vid start och ökar linjärt till 100 mm när det når slutet av slingan. Det första segmentet rör sig med hastigheten 0,62 m/s. Hastigheten för varje nästkommande segment minskas med en faktor av 0,8. Nästa segment initieras 0,6 sekunder efter att de första initierades. Tidsskillnaden mellan initieringen för varje nästkommande segment förlängs med en faktor av 1,2.

Tvärbroms - Hela slingan blinkar i turkos. Slingan lyser i 0,3 sekunder och är släckt i 0,3 sekunder. Denna signal upprepas medan bromsning pågår.

Hinder - Segmentets längd relaterar till hur nära hindret är i jämförelse med fordonet och dess hastighet. Som längst är segmentet 200 mm långt och blir kortare ju längre bort hindret är, som minst är den 50 mm långt. Segmentet visas i god tid innan hindret är inom fordonets dåvarande bromssträcka. Segmentet följer hindrets position i realtid.

Vänta - Dioderna tänds och släcks i turkos slumpmässigt i intervaller av 2 sekunder vardera.

Sväng - Ett segment lysas upp i turkos på sidan av slingan som svängen motsvarar. Segmentet fylls gradvis upp tills dess att segmentet är helt uppfyllt. Detta görs från den del närmast mitten och ut till kanten vid slingans slut. Processen tar 0,9 sekunder och repeteras till svängen är fullföljd.

Utveckling av Display

Ett program för displayen måste programmeras. Som referensobjekt finns en prototyp skapad i Adobe XD. Prototypen går att finna här:

<https://xd.adobe.com/view/638043ff-e494-4274-5699-fdf665e72e7b-15b1/screen/4d754e11-58ef-45df-ab63-cd2050090546/Ride-Screen?fbclid=IwAR2RX3obkKV5i-6Y3GH9O4FqEHmZSHUTdaYoLTVBkDHqXR61n9I5jO4IB3o&fullscreen&hints=off>

I prototypen finns en hel del ikoner och grafik. Dessa går att finna och ladda ned här:

Artwork:

https://drive.google.com/drive/folders/1JbMnF3Cuh7fN-SmMQgEs3nZ8Ec_WokLn?usp=sharing

Denna prototyp är baserad på Chalmers Campus på Johanneberg. Därför bör hållplatser och övriga resmål som ska gå att anges och se på kartan bestämmas i förväg. Vid utvecklingen av

detta koncept användes destinationer som finns att söka och välja mellan i applikationen Chalmers Maps som referens.

Se figur 11.7-11.12 i *Design av interaktion för ett autonomt fordon* för stillbilder av de olika skärmarna.

Prototypens startskärm ska visas om fordonet är fungerande. Texten i övre vänster hörn indikerar vilket specifikt fordon skärmen befinner sig i. I detta fall är det namnet "Carola" som används för att identifiera det specifika fordonet dessa namn används istället för kombinationer av siffror och/eller bokstäver.

Prototypen visar skärmens utseende vid färd till två resmål. Café Bulten i M-huset samt Grupprum Gamma i M-huset. Resterande resmål ska se ut och fungera på motsvarande sätt men går inte att klicka på i denna prototyp. Det första resmålet är en av de förbestämda hållplatserna och kan därför anges genom att klicka på kartan eller söka. Det andra är inte en av de förutbestämda hållplatserna och användaren ska kunna söka efter denna eller, om denne känner till området, välja närmsta hållplats på kartan. Prototypen visar också hur vyn kan se ut under färden. Ikonerna i spalten på vänster sida anpassas efter hur fordonet förflyttar sig. Den översta ikonen är kommande händelser, den blå ikonen är det närmsta händelsen och de nedre är föregående händelser. Dessa ska förflytta sig i förhållande till varandra genom att rullan uppifrån och ned.

Längst ned i vänstra hörnet finns en tidsuppskattning för resan som uppdateras under resans gång.

Kartvyn visar fordonets placering och uppdateras kontinuerligt. Både ikonen för fordonet (pil inuti cirkel) och färdvägen kvar (linje i turkos) ändrar sin placering utefter fordonets plats i förhållande till kartan.

Användaren har möjlighet att pausa färden genom att klicka på *PULL OVER* och sedan *CONFIRM*. Fordonet ska då stanna till så fort den har möjlighet att göra detta lugnt och säkert. Om användaren sedan klickar *RESUME* ska fordonet fortsätta mot den tidigare destinationen från den nya platsen. Användaren ska också kunna lämna fordonet och låta den användas av någon annan genom att klicka *END RIDE*.

Utveckling av display för andra miljöer

Vid implementering på ett annat område ska en liknande karta skapas och hållplatser ska bestämmas. Antalet hållplatser och övriga resmål bör beslutas i samspel med kund men även förankras med användarna. Även uppdelningen av dessa på kartan bör göras i samspel med kund och användare. Den fysiska miljön vid dessa hållplatser bör vara anpassad och ha utrymme för att flera fordon ska kunna stanna till samt hämta och lämna passagerare säkert. Fordonets programmering för beslutsfattande bör också anpassas till den nya miljöns trafikregler.

Riktlinjer för körstil

- Fordonet bör accelerera jämnt och långsamt
- Fordonet bör bromsa in jämnt och långsamt inför hinder och hållplatser
- Nödstoppsknapp ska ha effekten att fordonet nödbromsar
- Fordonet bör vara medvetet om resterande autonoma fordons positioner