



Rapport

Infotainmentsystemer og oppmerksomhetsfordeling i bil

Forfattere:

Dagfinn Moe og Isabelle Roche-Cerasi

Rapportnummer:

2024:00967 - Åpen

Oppdragsgiver:

Trygg trafikk



SINTEF Community
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919303808 MVA

Rapport

Infotainmentsystemer og oppmerksomhetsfordeling i bil

EMNEORD

Skjermssystemer
Oppmerksomhet,
Trafikksikkerhet,
Kjøreprosess
Kognitiv kapasitet

VERSJON

0.2

DATO

2024-08-28

FORFATTERE

Dagfinn Moe og Isabelle Roche-Cerasi

OPPDRAAGSGIVER

Trygg trafikk

OPPDRAAGSGIVERS

REFERANSE

Ann-Helen Hansen

PROSJEKTNUMMER

102026769

ANTALL SIDER

59

SAMMENDRAG

Prosjektet har hatt som mål økt forståelse om oppmerksomhetsfordeling ved bruk av berøringsskjerm i bil ved hjelp av eyetracking. Studien avdekker hvordan bruk av berøringsskjerm belaster førerens kjøreprosess og påvirker oppmerksomhetsfordelingen. Det var 44 førerne som skulle utføre flere oppgaver i løpet av en kjøretur i normal trafikk. Resultatene viser at skjermbruk under kjøring krever i noen sammenhenger betydelig oppmerksomhet og distraherer førerne under kjøringen så mye at sikkerheten reduseres.

UTARBEIDET AV

Dagfinn Moe og
Isabelle Roche-Cerasi

SIGNATUR




KONTROLLERT AV

Gunnar D Jenssen

SIGNATUR



GODKJENT AV

Claudia Moscoso Paredes

SIGNATUR



RAPPORT NR.

2024:00967

ISBN

9788214070194

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

FORORD

Denne rapporten dokumenterer et arbeid som er utført på oppdrag fra Trygg Trafikk og Fremtind. Prosjektet har hatt som mål å bidra til å utvikle ny fagkunnskap rundt oppmerksomhetsfordeling ved bruk av skjermer i bil ved hjelp av Tobii eyetracker system. Rapporten bidrar til å forstå hvordan berøringsskjerm i bil påvirker bilførerens kjørepåse og kan skape problemer i oppmerksomhetsfordelingen mellom de trafikale omgivelsene og betjeningen av skjermesystemet. Under kjøringen har 44 studenter fra trafikklærerutdanningen ved Nord Universitet Trafikkfag i Stjørdal vært testpersoner. NORD universitet har stilt testbil og ledsager til rådighet, samt lokaler for utfylling av spørreskjema og intervjuer av førerne etter at testturen var avsluttet.

Seniorforsker Dagfinn Moe har vært prosjektleder og sammen med forsker Isabelle Roche-Cerasi vært ansvarlig for gjennomføringen av prosjektet og rapporten. Ved NORD universitet har Kåre Robertsen og Petter Helmersen Bogfjellmo deltatt i gjennomføringen av testkjøringene der det er brukt bil med dobbelt pedalsett for ivaretagelse av sikkerheten.

Hos oppdragsgiver har spesialrådgiver kommunikasjon og kampanjer Ann-Helen Hansen og fagsjef trafikksikkerhet Bård Morten Johansen vært kontaktpersoner.

Vi takker for et meget godt samarbeide med Trygg Trafikk, Fremtind og NORD universitet.

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
0.1	2024-08-28	Kvalitetssikring

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	12
1.1	Forstudie av skjermssystemer i bil	12
1.2	Kognitive kart og prediksjon	13
1.3	Skifte av kognitive kart (remapping)	14
1.4	Kjøreprosessen.....	15
2	Gjennomføring.....	17
2.1	Kjørerute og testoppgaver	17
2.2	Deltakere.....	18
2.3	Testbil og gjennomgang display-prosedyrer.....	18
2.4	Datainnsamling	19
2.5	Oppmerksomhetsfordeling.....	20
2.5.1	Eyetracker.....	20
2.5.2	NASA Task Load Index.....	22
3	Resultater – eyetracker.....	23
3.1	Innetemperatur.....	23
3.1.1	Oppgave.....	23
3.1.2	Kalibrering av data.....	23
3.1.3	Oppmerksomhetsfordeling.....	24
3.1.4	Oppsummering	28
3.2	Søke opp sang (musikkstykke)	29
3.2.1	Oppgave.....	29
3.2.2	Kalibrering av data.....	29
3.2.3	Oppmerksomhetsfordeling.....	30
3.2.4	Oppsummering	33
3.3	Radio	34
3.3.1	Oppgave.....	34
3.3.2	Kalibrering av data.....	34
3.3.3	Oppmerksomhetsfordeling.....	35
3.3.4	Oppsummering	39
3.4	Navigasjon.....	40
3.4.1	Oppgave.....	40
3.4.2	Kalibrering av data.....	40
3.4.3	Oppmerksomhetsfordeling.....	41
3.4.4	Oppsummering	45
3.5	Sammenligning av oppgaver	46
3.5.1	Tidsbruk på berøringsskjem	46
3.5.2	Fikseringstid.....	48
3.5.3	Oppsummert sammenligning av hvordan oppgavene ble løst.....	50

4	Resultater – NASA RTLX og Opplevd risiko.....	51
4.1	NASA-RTLX – stressbelastning.....	51
4.2	Oppmerksomhetsfordeling mellom skjerm og trafikk.....	52
5	Oppsummering og konklusjon	53
5.1	Tidsbruk fikseringer veg-trafikk og berøringsskjerm	53
5.2	Analyse av fikseringer og sakkader under tasting av adresse.....	54
5.3	Kjøreprosess, skjermbruk og risiko.	55
5.4	Videre forskning på temaet om infotainment- systemer i bil.....	57
6	Referanser	58

Tabeller

Tabell 1: Prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne.	24
Tabell 2: Prosentandel blikkpunkter ved å øke innetemperatur under kjøring (n=24).....	24
Tabell 3: Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid.....	25
Tabell 4: Prosentandel fiksering ved å endre innetemperatur under kjøring (n=24).	26
Tabell 5: Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid (n=24).	27
Tabell 6: Antall fiksering og fikseringsandel på berøringsskjerm.	27
Tabell 7: Prosentandel blikkpunktprøver for alle deltakerne.....	29
Tabell 8: Prosentandel blikkpunkt ved å velge en sang under kjøring (n=29).....	30
Tabell 9: Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid	31
Tabell 10: Prosentandel fiksering ved å velge en sang under kjøring (n=29).....	31
Tabell 11: Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid (n=29).	32
Tabell 12: Antall fikseringer og fikseringsandel på berøringsskjerm.....	32
Tabell 13: Prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne.	35
Tabell 14: Prosentandel blikkpunkter ved valg av radiokanal under kjøring (n=26).	35
Tabell 15: Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid	36
Tabell 16: Prosentandel fikseringer ved valg av radiokanal under kjøring (n=26).	37
Tabell 17: Antall, varighet og total tid av fiksering (n=26).	38
Tabell 18: Antall fiksering og fikseringstid på berøringsskjerm.....	38
Tabell 19: Prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne.....	41
Tabell 20: Prosentandel blikkpunkter ved tasting av adresse i navigasjonssystemet under kjøring (n=29)..	41
Tabell 21: Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid ved tasting av adresse.	42
Tabell 22: Prosentandel fikseringer ved tasting av adresse i navigasjonssystemet under kjøring (n=29).....	43
Tabell 23: Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid.....	43
Tabell 24: Antall fikseringer og fikseringstid på berøringsskjerm.	44
Tabell 25: Prosentandel av fikseringstid på berøringsskjerm.....	48

Figurer

Figur 1: Eksempler på skjermssystemer i 5 biler der vi har gjennomført kjøring med bileierne	12
Figur 2: Førerens kognitive kart over den trafikale situasjonen avviker fra skjermen som fysisk utforming og innholdet i skjermbildet (SINTEF, 2022)	15
Figur 3: Kjøreprosessen (KP) relatert til forholdet med skjermbruk under kjøring.....	16
Figur 4: Bildet av testområdet. 1-Nord universitet, 2: Stjørdal sentrum, 3: Landeveg og Hommelvik.	17
Figur 5: Bilmodell brukt under testkjøringen og plasseringen av skjermssystemet	18
Figur 6: fikseringspunkt og sakkader. Kilde: TobbiProLab_1.162_UserManual.	20
Figur 7: Kalibrering med en deltaker før testturen.	21
Figur 8: Interesseområder avgrenset i systemet for gjennomføring av analysen.....	22
Figur 9: Kartet hvor oppgaven med å øke innetemperaturen ble gjennomført.	23
Figur 10: Fordeling av blikkpunkter under økning av innetemperatur (n=24).	25
Figur 11: Prosentandel fordeling av fikseringer under økning innetemperatur (n=24).	26
Figur 12: Fikseringstider på berøringsskjem ved endring av temperatur med kjørehastigheter (n=267).	28
Figur 13: Kartet hvor oppgaven med å velge en sang på en musikkplattform ble gjennomført.	29
Figur 14: Fordeling av blikkpunkter ved å velge et musikkstykke under kjøring (n=29).	30
Figur 15: Prosentandel fiksering ved å velge en sang under kjøring (n=29).	31
Figur 16: Fikseringstid på berøringsskjem med kjørehastigheter (n=904).	33
Figur 17: Kartet hvor oppgaven med å bytte radiokanal til P10 Country ble gjennomført.	34
Figur 18: Blikkpunkter ved valg av radiokanal P10 Country under kjøring (n=26).	36
Figur 19: Prosentandel fordeling av fiksering ved valg av radiokanal P10 Country under kjøring (n=26).	37
Figur 20: Fikseringstider på berøringsskjem og kjørehastigheter ved valg av kanal P10 Country (n=801). .	38
Figur 21: Gateområdet hvor førerne ble bedt å taste en adresse i navigasjonssystemet.	40
Figur 22: Blikkpunkter ved å taste adresse ved bruk av navigasjonssystemet under kjøring (n=29).	42
Figur 23: Prosentandel fordeling av fikseringer ved tasting av adresse under kjøring (n=29).....	43
Figur 24: Fikseringstid på berøringsskjem ved tasting av adresse og kjørehastigheter på strekning med fartsgrense 30km/t (n=1190).	44
Figur 25: Total tidsbruk på berøringsskjem ved gjennomføring av oppgaver.	46
Figur 26: Skjermen for to oppgaver, å bruke navigasjonssystemet og øke innetemperatur.	47
Figur 27: Antall fiksering på berøringsskjem ved gjennomføring av oppgaver.	48
Figur 28: Fikseringstid på berøringsskjem ved gjennomføring av oppgaver.....	49
Figur 29: Testpersonenes vurdering av stressbelastning under utførelsen av oppgavene under kjøring (N=44).	51
Figur 30: Belastning mht. oppmerksomhetsfordeling mellom trafikk og skjerm (N=44).....	52
Figur 31: Fører som bare fokuserer på trafikken og fører (høyre) som taster inn en adresse under kjøring.	54

Sammendrag

I denne rapporten har vi studert oppmerksomhetsfordeling og kognitiv belastning hos 44 personer som betjente en berøringsskjerm under kjøring. Testpersonene utførte oppgaver som å søke opp radiokanal, velge musikkstykke, justere innetemperatur i bilen og taste inn adresse. Det ble kjørt i normal trafikk med en kombinasjon av landeveg og bykjøring.

Resultatene bidrar til å svare på følgende problemstillinger:

1. Tidsbruk og distraksjon ved betjening av berøringsskjerm under kjøring

- **Justering av innetemperatur:** Dette var den minst krevende oppgaven som det i gjennomsnitt tok 3,4 sekunder å fullføre (Tabell 5).
- **Velge musikk og radiokanal:** Disse oppgavene tok i gjennomsnitt 10-11 sekunder å fullføre (Tabell 11 og Tabell 17).
- **Taste inn adresse:** Dette var den mest utfordrende oppgaven med i gjennomsnitt en fullføringstid på 15,7 sekunder. Her ble førerne også mer utsatt for distraksjoner av pga. tettere trafikk. (Tabell 23).

NASA-RTLX-testen (NASA Raw Task Load Index) og evalueringen av vanskegrad viser at betjening av skjermssystemet negativt påvirker kjøreprosessen mht. sikker kjøring under utførelsen av kjøreoppgaven. Å taste inn en adresse fører til lengre og flere fikseringer og øker belastningen på samspillet mellom hjerne-, øye- og håndkoordinasjon. Lange fikseringer på skjermen øker risikoen for konflikter med andre trafikanter. (Figur 30). Totalt viser registreringen fra alle testoppgavene følgende blikkbruk blant førerne: 77.3% av 3162 fikseringspunkter på berøringsskjerm varte under 0.5s, mens 18.3% varte mellom 0.5s og 1s. Det var 3,3 % av fikseringspunktene som varte mellom 1s og 1.5s. Det er atskillig færre antall fikseringspunkter (25) med en varighet mellom 1.5s og 2s, videre kun 9 fikseringspunkter over 2s (Tabell 25). Dess lengre varighet fikseringene har på berøringsskjermen, dess mer kan den trafikale konteksten ha endret seg og dermed kan kjøreprosessen komme i utakt med «hva kan skje, hvor, når og hvordan».

2. Førernes oppmerksomhetsfordeling, antall fikseringer og fikseringstid på berøringsskjermen.

- **Navigasjon-tasting av adresse:** Førerne brukte i gjennomsnitt 41 fikseringspunkter (SD=17) med en varighet på 400ms (SD=17ms) (Tabell 23).
- **Søke radiokanal:** Førerne brukte i gjennomsnitt 31 fikseringspunkter (SD=16) med en varighet på 338 ms (SD=98ms) (Tabell 17).
- **Søke musikkstykke:** Førerne brukte i gjennomsnitt 30 fikseringspunkter (SD=20) med en varighet på 375ms (SD=86ms) (Tabell 11).
- **Endre temperatur:** Førerne brukte i gjennomsnitt 11 fikseringspunkter (SD=3.4) med en varighet på 321ms (SD=136ms) (Tabell 5).

Å endre temperaturen krevde færrest fikseringspunkter, mens å velge musikk og radiokanaler krevde tre ganger flere fikseringspunkter. Navigasjonssystemet fanget førernes oppmerksomhet mest, med 1,3 ganger flere fikseringspunkter enn radio og musikk.

Disse funnene viser at skjermbruk under kjøring krever betydelig oppmerksomhet og distraherer førerne under kjøringen med hensyn til oppmerksomhetsfordeling relatert til trafikksituasjonens kompleksitet. Sikker kjøring krever at føreren kontinuerlig orienterer seg og fordeler oppmerksomheten slik at han er oppdatert på hva som skjer i den trafikale konteksten. Et viktig aspekt er hvordan kjøreprosessen påvirkes når føreren bruker berøringsskjermen. Dette kan føre til misforståelser og irritasjon hos andre trafikanter.

Føreren kan falle inn i en "modus" som avviker fra normal kjørestil, som avsluttes når skjermbetjeningen er fullført.

Våre resultater bidrar til disse målene:

1. Å utvikle ny kunnskap knyttet til førerens oppmerksomhetsfordeling ved bruk av berøringsskjerm i bil og den trafikale konteksten.
2. Å forstå hvordan berøringsskjerm i bil påvirker førerens kjøreprosess, oppmerksomhet, planlegging og gjennomføringen av kjøreoppgaven.

For å redusere risikoen for menneskelige feil knyttet til skjermbruk bør følgende tiltak vurderes:

- **Brukergrensesnitt:** Komplekse menyer bør unngås eller bare være tilgjengelig når bilen står parkert.
- **Fysiske knapper:** I 2026 vil bilprodusenter bli oppmuntret til å bruke separate fysiske knapper for grunnleggende funksjoner, slik som ved bruk av blinklys, varsellys og vindusviskere (ETSC, 2024). Våre resultater understøtter betydningen av dette.
- **Stemmestyring:** Dette kan kreve mindre visuell kontroll, distraksjon og reduserer antall fikseringer på skjermen.
- **Forhåndsplanlegging:** Hvis fører under kjøringen, må bruke berøringsskjermen til noe mer enn enkle justeringer av eksempelvis inn klima og skifte radiokanal, bør dette planlegges før kjøring eller når bilen står i ro.
- **Begrensning av apper:** Redusere antall apper på skjermen.
- **Veiledning:** Førere bør få veiledning og selv lære seg sin egen bil med hensyn til hvilke mulige løsninger som finnes. Mange biler har alternative fysiske knapper som forenkler betjeningen av funksjoner.

Disse tiltakene kan bidra til sikrere kjøring ved å minimere distraksjoner og forbedre oppmerksomhetsfordelingen. Førerens evner, inkludert erfaring og selvregulering, er avgjørende for kvaliteten i kjøreprosessen og i vurderingen av når og hvordan bilens betjeningsorganer og skjermfunksjoner kan brukes. Oppdaterte kognitive kart og høy presisjon i prediksjoner er avgjørende for å løse kjøreoppgavene sikkert og kunne håndtere skjermssystemet riktig og effektivt.

Summary

In this report, we have studied the distribution of attention and cognitive load of 44 drivers who operated a touchscreen while driving. The participants performed different tasks such as selecting a radio channel, a piece of music, adjusting the car interior air temperature and entering an address on the navigation system. The tasks were performed under normal traffic on a combination of country roads and city streets.

The results contribute to answering the following questions:

1. Time consumption and distraction when operating the touchscreen while driving.

- **Adjusting the car interior air temperature:** This was the least demanding task which took an average of 3.4 seconds to complete (Table 5).
- **Selecting music and radio channel:** These tasks took an average of 10-11 seconds to complete (Table 11 and Table 17).
- **Entering an address on the navigation system:** This was the most challenging task with an average completion time of 15.7 seconds. Here the drivers were also more exposed to distractions due to higher traffic. (Table 23).

The NASA-RTLX (NASA Raw Task Load Index) instrument and the evaluation of user cognitive load show that operating the display system when driving, negatively affects the driving process in terms of safe driving when performing the driving task. Entering an address on the navigation system leads to longer and more fixations and increases workload on the coordination between brain, eyes and hand. Prolonged eye gaze durations on the car touchscreen increase the risk for accidents (Figure 30). In total, the registration of the drivers' gaze for all the tasks shows that: 77.3% of 3162 fixation points on the touchscreen lasted less than 0.5s, while 18.3% lasted between 0.5s and 1s. There were 3.3% of fixation points that lasted between 1s and 1.5s. There are considerably fewer fixation points (N=25) with a duration between 1.5s and 2s, further only 9 points over 2s (Table 25). The longer the fixations are on the touchscreen, the more the traffic context may have changed and thus the driving process may fall out of step with «what can happen, where, when and how».

2. Drivers' distribution of attention, number of fixations and fixation time on the touchscreen.

- **Navigation-setting of address:** The drivers used an average of 41 fixation points (SD=17) with a duration of 400ms (SD=17ms) (Table 23).
- **Setting radio channel:** The drivers used an average of 31 fixation points (SD=16) with a duration of 338ms (SD=98ms) (Table 17).
- **Selecting a song:** The drivers used an average of 30 fixation points (SD=20) with a duration of 375ms (SD=86ms) (Table 11).
- **Increasing car interior air temperature:** The drivers used an average of 11 fixation points (SD=3.4) with a duration of 321ms (SD=136ms) (Table 5).

Changing the car interior air temperature required the fewest fixation points, while selecting a music song and a radio channel required three times as many fixation points. The navigation system captured the most the drivers' attention, with 1.3 times more fixation points than radio and music.

These findings show that touchscreen use requires considerable attention and distracts drivers while driving regarding the distribution of attention related to the complexity of the traffic situation. Safe driving requires that the driver continuously orients himself, distributes his attention so that he is up to date on what is happening in the traffic context. An important aspect is how the driving process is affected when the driver

uses the touchscreen. This can lead to misunderstandings and irritation among other road users. The driver may fall into a “mode” that deviates from the normal driving style, which ends when the task is completed.

Our results contribute to these goals:

1. To develop new knowledge about the distribution of driver attention when using touchscreens in cars,
2. To understand how touchscreens in cars affect the driving process, the driver's distribution of attention, the planning and execution of the driving tasks.

To reduce the risk of human errors linked to touchscreen use, the following measures should be considered:

- **User interface:** Complex menus should be avoided or only be available when the car is parked.
- **Physical buttons:** By 2026, car manufacturers will be encouraged to use separate physical buttons for basic functions, such as when using turn signals, hazard warning lights and windscreen wipers (ETSC, 2024). Our results show how important this is.
- **Voice-based control:** This may require less visual control, distraction and reduce the number of fixations on the screen.
- **pre-adjustments:** The driver should plan before driving or when the car is stopped in a safe place, if he/she must use the touchscreen for something more than the simple functions such as adjust the air temperature or select a radio channel.
- **Limit apps on the touchscreen:** Reduce the number of applications available on the screen.
- **Guidance:** Drivers should receive guidance and learn their own car in terms of which possible solutions exist. Many cars have alternative physical buttons that can facilitate the access of some functions.

These measures can contribute to safer driving by minimizing distractions and improving the distribution of attention. The driver's abilities, including experience and self-regulation, are decisive for the quality of the driving process and in the assessment of when and how the driving commands and screen functions can be used. Updated cognitive maps and high precision in prediction are essential for solving the driving tasks safely and being able to handle the display system correctly and efficiently.

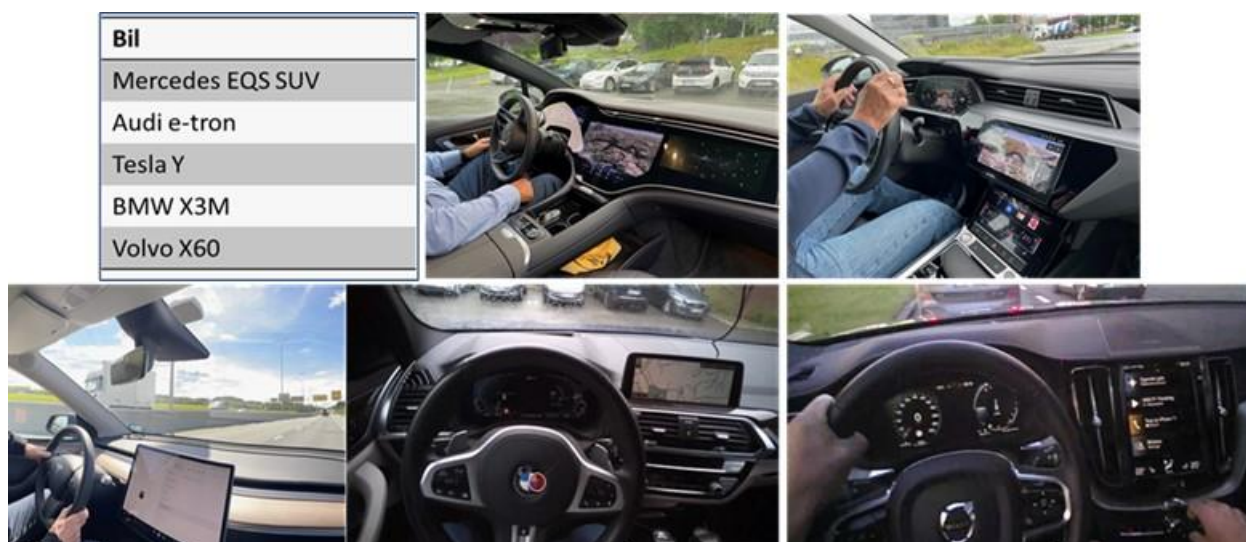
1 Innledning

Det er store forskjeller i skjermdesign i biler, men alle skjermer og betjeningsorganer må være i samsvar med standardene. Krav til skjermdesign, plassering og brukervennlighet er beskrevet i ISO standarder: f.eks. at displayet for ruteanvisninger montert høyt sentralt på dashbordet ikke må utgjøre en hindring for andre instrumenter, indikatorer eller kontroller (ISO 16673). I denne rapporten presenterer vi først (kapittel 1.1) hovedresultatene fra en forstudie som dannet utgangspunkt for en større studie med 44 testpersoner som kjører den samme bilen med et skjermssystem på en testrute med innlagte oppgaver. I forstudien ved SINTEF ble fem (5) erfarne førere i forskjellige bilmodeller med 5 ulike skjermdesign testet i bruk av menyer og prosedyrer for å søke informasjon (adresser, telefonnummer, radiokanaler, etc.). Førernes oppmerksomhetsfordeling ble registrert ved hjelp av blikkpunktkamera (Tobii Eye-tracker).

Under kjøring på åpen veg (offentlig veg eller veg åpen for alminnelig ferdsel), er det viktig å relatere førernes evne til å betjene et skjermssystem med hensyn til brukergrensesnitt og type oppgaver til den kognitive kapasiteten og affektive tilstanden.

1.1 Forstudie av skjermssystemer i bil

Førere (mennesket) har begrensede kognitive, perseptuelle og sensoriske-motoriske kapasiteter som gjør at nye teknologiske løsninger utfordrer menneskets adaptasjonsevne. Å utvikle brukergrensesnitt som bidrar til en best mulig samhandling mellom systemfunksjonaliteter og menneskets biologiske-psykologiske forutsetninger, er problematisk. Dette kjenner vi igjen fra hverdagen eksempelvis med fjernkontroller til TV, mobiltelefoner, forskjellige applikasjoner og display og stadig nye oppdateringer. Bilprodusentene utvikler stadig nye skjermvarianter og infotainmentsystemer i kampen om kundene og lager sitt eget design med forskjellige kombinasjoner av måten å betjene dem på. Infotainmentsystemer omhandler kombinasjoner av informasjon relatert til både kjøretøykontroll, navigasjon, musikk, telefon etc. Figur 1 viser eksempler på dette i de bilene vi testet i forstudien i 2022 (Moe & Roche Cerasi, 2022).



Figur 1: Eksempler på skjermssystemer i 5 biler der vi har gjennomført kjøring med bileierne (Moe & Roche Cerasi, 2022).

Bildene i figur 1 viser fem forskjellige bilmodeller med relativt store forskjeller i design og brukergrensesnitt. Disse fem løsningene er ikke dekkende for hva som finnes av variasjoner på området. Alle de fem førerne

kjørte en ca. 30-40 minutter i variert trafikk gjennom Trondheim sentrum og i 80-sone på E6 - Omkjøringsveien.

De fikk de samme oppgavene med å taste inn adresse og telefonnummer, finne musikk og justere temperatur.

Førernes oppmerksomhetsfordeling ble registrert ved bruk av blikkpunktkamera (Tobii eyetracker). Utstyret registrerer hvordan førerne bruker blikket under kjøringen i balansen mellom å følge med i trafikken eller ved betjening av skjermssystemet. Forstudien avdekket følgende problemstillinger:

1. Tiden det tar å gjennomføre ulike oppgaver i skjermssystemet og hvor lang tidsperiode førere tar øynene bort fra trafikksituasjonen?
2. Kronologisk rekkefølge (mønster) av føreres øyebevegelser og fikseringer når de løser oppgaver.
3. Hvor ofte veksler førere mellom trafikksituasjon og betjening av prosedyrer på skjermen.
4. Subjektive opplevelser og egenvurderinger av skjermforståelse og brukergrensesnittet hos førere
5. Førerkompetanse, læring og forståelse av skjermfunksjonaliteter?
6. Forskjell på oppmerksomhetsfordeling hos førere med hensyn til erfaring eller alder/kjønn
7. Hvilke tiltak, veiledning eller nye designstandarder kan støtte førere og redusere potensialet for menneskelige feil i bruk av skjerm i bil?

Forstudien ga nyttige innspill til hva vi burde sette søkelys på i den neste studien med større utvalg førere på offentlig veg i en trafikal kontekst.

1.2 Kognitive kart og prediksjon

“Determining where we are in relation to our surroundings—streets, trees, walls or other landmarks around us—remains an essential skill without which our own survival, or even that of our species, would rapidly be endangered” (May-Britt Moser og Edvard Moser-2017).

Dette utsagnet til Moser har sin forankring i Cognitive Map Theory (CMT) og er basert på forskning innen neuroscience og psykologi de siste 50 år om hvordan mennesket navigerer i et landskap ved hjelp av «kognitive kart» (O’Keefe and Nadel, 1978; Buzsáki and Moser, 2013; Nadel, 2021). Kognitive kart gjør det mulig å vite hvor man fysisk er (where am I?) i et landskap, videre orientere og bevege seg (where am I going?). Når eksempelvis en bilfører kjører i trafikken, er førerens primære psykologiske fokus og hjernens agenda ikke bare å løse situasjonen, men også å unngå fare relatert til overlevelse (stay alive). Basert på kontekstforståelse må føreren kontinuerlig predikere og stille spørsmålene (Moser, 2015):

Hva kan skje? Hvor? Når og Hvordan?

Førernes kompetanse, erfaring, alder og evne til selvregulering innebærer en planlegging av når og hvordan føreren aktivt bruker bilens betjeningsorganer i forskjellige trafikale kontekster (by-, motor- og landeveg, årstider, tid på døgnet, vær- og føreforhold etc.). For å kunne kjøre sikkert og effektivt må føreren ha høyt presisjonsnivå i sine prediksjoner som gir direkte føringer for hvordan han orienterer seg for å løse kjøreoppgaven. Menneskets prediksjonsevne er beskrevet i teorien Prediction Error Minimization (PEM) som omhandler hvordan hjernen aktivt søker etter informasjon som bekrefter prediksjonene (Howhy, 2013; Friston, 2019; Clark, 2016 og 2023). Hvis det ikke er samsvar (error) må atferden i den aktuelle situasjonen endres/korrigeres raskest mulig på en sikker måte.

Å predikere egne bevegelser og handlinger er kritisk mht. presisjon og kontroll for å oppnå et godt resultat. Eksempelvis vil det å taste på en skjerm for å søke opp en adresse stille store krav til nøyaktighet og presisjon. En slik bevegelse må ofte guides og kontrolleres visuelt for å unngå feil og samtidig bruke kort tid. Det å være bevisst sin egen utførelse kalles «Sense of agency».

Det omhandler hvor godt man opplever og bevisst kontrollerer sin egen gjennomføring av en handling og interaksjonen med de teknologiske og dels automatiserte løsningene. Dette kan medføre stress og frustrasjoner avhengig av førerens kompetanse, brukergrensesnittet og omgivelsene hvilket påvirker de kognitive funksjonene (Arnsten, 2015; Krause et al, 2017; Rolls, 2019). «Sense of agency» faller inn i teorien om SMC (Sensorimotor Contingencies) som representerer individets kapasiteter og fysiske handlingsregister (ferdigheter). SMC vil være helt sentral i planleggingen av en handlingsekvens mht. om man har de ferdighetene som kreves for et godt resultat.

Hvor enkelt eller problematisk det er å betjene berøringsskjermen, finne fram i menyen og ha full kontroll under tastingen mht. å oppdage og korrigere feil er relatert til teorien om Prediction Error Minimization (PEM). Hvor godt kompletterer menneske og maskin hverandre for å oppnå en optimal løsning? Dette omhandler begrepet "embodied cognition" som er teorien om hvordan kroppen og hjernen samhandler og gjensidig påvirker hverandre. Andy Clark gir i sin bok «Surfing Uncertainty» (Clark, 2016) uttrykk for at å skille mellom kognisjon (teori) og handlinger (praksis) er i strid med "The Pragmatic Turn" og beskriver dette på følgende vis:

"Perceiving, imagining, understanding, and acting are now bundled together, emerging as different aspects and manifestations of the same underlying prediction-driving, uncertainty-sensitive, machinery."

PEM (Prediction Error Minimization) dekker de aller fleste aspektene knyttet til planlegging, gjennomføring, evaluering, kontroll og læring. Neuroergonomics omhandler studier av hjernen mens den utfører arbeidsoppgaver i den hensikt å legge til rette for best mulig interaksjon med teknologiske løsninger. Neuroscience er en viktig faglig referanse for å forstå og forklare de psykologiske kognitive funksjonene som settes på prøve når hjernen må skifte fra å kontrollere trafikksituasjonen til å taste på en skjerm.

1.3 Skifte av kognitive kart (remapping)

Et kognitivt kart inneholder informasjon om det landskapet man er i, og en prediksjon om hvilke hendelser som kan oppstå i løpet av de neste sekundene. Det betyr at kognitive kart skiftes ut med et annet avhengig av hvor store endringer det er i landskapet, vegmiljøet og den trafikale konteksten. Skjermssystemer i bil representerer et annet landskap enn det trafikale. For å betjene skjermen for å slå en adresse er det en helt annen type aktivitet enn å kjøre bilen. Figuren nedenfor viser at føreren må skifte mellom to kognitive kart: den trafikale konteksten og skjermen, som innebærer en «remapping» (Latuske, 2018; Green, 2022; Sanders, 2020).



Figur 2: Førerens kognitive kart over den trafikale situasjonen avviker fra skjermen som fysisk utforming og innholdet i skjermbildet (SINTEF, 2022)

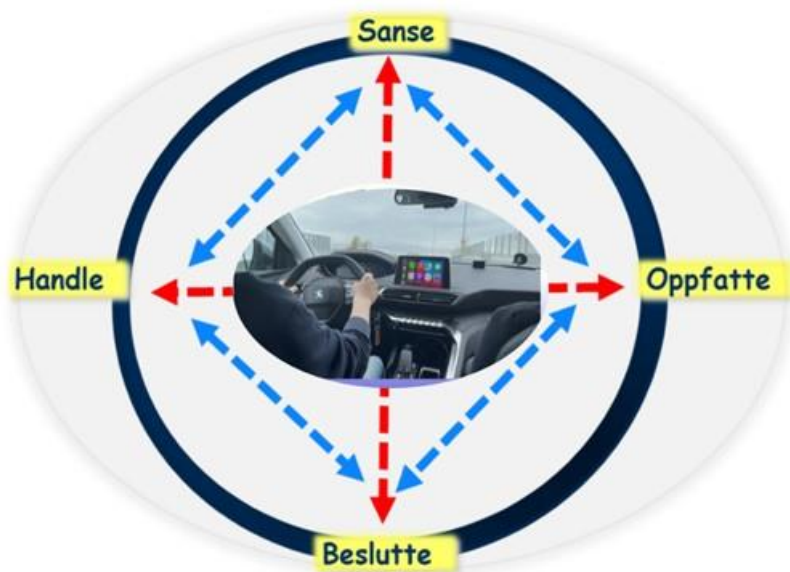
Det er varierende grad av endringer som kreves mht. grad av remapping. Den mest omfattende endringen er «global/complete remapping». Det innebærer at vegmiljøet og landskapet er helt forskjellig fra det første landskapet. Hvis man for eksempel kjører fra landevegsmiljø og inn i tettbygd strøk, endres landskap og vegmiljø vesentlig. Dette gjør at føreren må endre sin egen plan for videre kjøring etter hvert som både premissene fra vegmiljøet endrer seg. Med «Partial remapping» menes en delvis endring i omgivelsene som overlapper med det eksisterende kartet som brukes. Når føreren skifter fokus fra vegmiljøet til det indre miljøet i bilen slik som eksempelvis et skjermssystem, vil det medføre en kognitiv belastning mht. oppmerksomhetsfordeling.

1.4 Kjøreprosessen

Kjøreprosessen omhandler hvordan en fører utfører kjøeroppgaven. Den er et handlingsorientert, kognitivt, prediktivt, perseptuelt og affektivt konsept forankret i en biopsykososial forståelse av menneskets prestasjonsevne. I boken «Surfing Uncertainty» uttrykker Andy Clark følgende (Clark, 2016):

“High-level predictions entrain actions that both test and confirm the predictions, and that help sculpt the sensory flows that recruit new high-level predictions and so on, in a rolling cycle of expectation, sensory stimulation, and action”.

Clark sin beskrivelse av “the rolling cycle” er i samsvar med alle de iterative handlingsorienterte, kognitive og affektive elementene i kjøreprosessen (figur 3). Blå piler viser til kognitive interaksjoner og de røde til affektive prosesser. Kjøreprosessen er ingen lineær prosess. Alle momentene er kontinuerlig aktive under utførelsen av kjøreoppgavene. Kognitive kart og presise prediksjoner bidrar til at kjøringen blir sikker. Bruken av skjermssystemer vil kunne påvirke kjøreprosessen og bidra til økt usikkerhet og økt trafikal risiko. Eksempelvis vil førerens oppmerksomhet på skjermen og sin egen hånd/finger når han skal taste inn en adresse, påvirke kontrollen av omgivelsene og utviklingen i trafikksituasjonen. Hvis han bruker for lang tid på dette så vil dette ramme samhandlingen med andre trafikanter og øke risikoen for konflikter og fare.



Figur 3: Kjøreprosessen (KP) relatert til forholdet med skjermbruk under kjøring (Moe, 2021; Clark, 2016).

Figur 3 viser til interaksjonen og samhandlingen i KP som danner grunnlaget for at førerens kjøring skal bli sikker og effektiv. Dette er en top-down funksjon der føreren vier all sin oppmerksomhet til den trafikale konteksten. Kritiske kognitive funksjoner og kvaliteter knyttet til oppmerksomhetsfordeling er «oppdatering», «fleksibilitet» og «inhibering» (Ptak, 2011; Arnsten, 2012; Bernard, 2020).

2 Gjennomføring

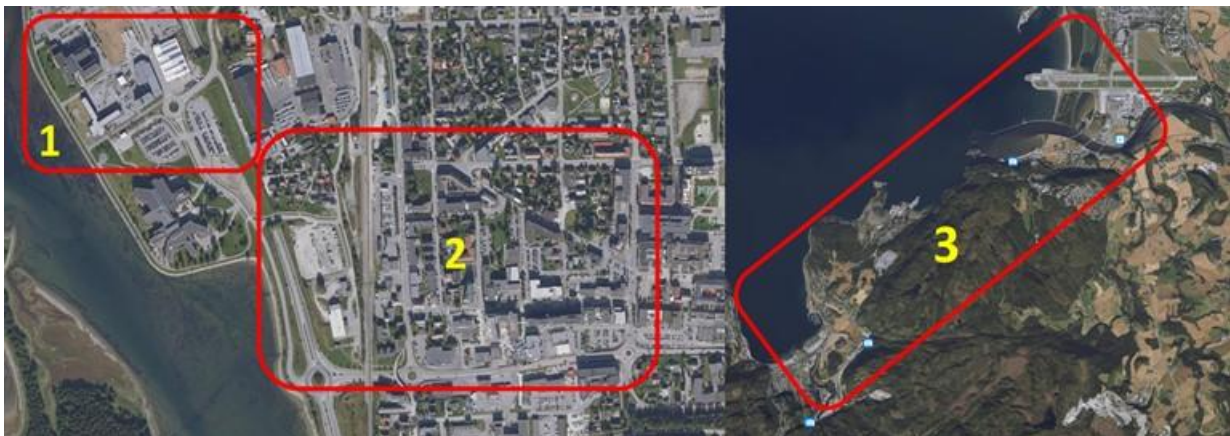
I samarbeid med Nord Universitet avdeling for Trafikkfag ble en bil med automatgir, skjermssystem og dobbelt pedalsett stilt til disposisjon.

Det trafikale testområdet var i Stjørdal og omegn. Stjørdal er et trafikalt knutepunkt i Midt-Norge, har 27 727 innbyggere per 1 januar 2024 og er Trøndelags nest mest folkerike kommuner. Byen er på størrelse med Hamar og større enn Larvik og Halden.

Studenter fra NORD var testpersoner. Trafikklærere ble brukt til å gi oppgaver under kjøringen og ivareta sikkerheten.

2.1 Kjørerute og testoppgaver

Kjøreruten bestod av kjøring i bystrøk, tettbebyggelse og landeveg (figur 4). Turen ble valgt med hensyn til veger av ulik vanskegrad, trafikkmengder og fartsgrenser. Varighet på kjøring av testrute var ca. 30-35 minutter.



Figur 4: Bildet av testområdet. 1-Nord universitet, 2: Stjørdal sentrum, 3: Landeveg og Hommelvik.

Figur 4 viser til de geografiske områdene testkjøringen foregikk i (Google maps).

Testene ble gjennomført under tilnærmet like forhold mht. tidspunkt styrt av trafikklæreren. Referansepunkter på veiene ble brukt for å gi instruksjoner til testpersoner på samme steder. Selvfølgelig kunne trafikk- og værforholdene variere.

Område 1: Testkjøringen startet og ble avsluttet ved lokalene til NORD universitet. Lite trafikk i dette området og god oversikt. Fartsgrenser 40 og 50 km/t. Følgende oppgaver i dette område 1:

- Taste inn radiokanal P10
- Taste inn radiokanal NRK P1
- Aktivere vindusvisker

Område 2: Stjørdal sentrum med tett trafikk og mindre oversikt. Variert trafikk med biler, busser, syklistene og fotgjengere. Fartsgrense 30 og 50 km/t. Følgende oppgaver i område 2:

- Skrive inn gateadresse
- Taste inn telefonnummer

Område 3: Landevegskjøring E6 med kjøring gjennom tunnel og i tettbebyggelse. Fartsgrensen varierte mellom 60 og 80 km/t. Følgende oppgaver i område 3:

- Justere luft mot frontvindu
- Aktivere Adaptiv Cruisekontroll (ACC)
- Skrive inn gateadresse
- Søke opp musikkstykke på Spotify
- Justere temperatur

2.2 Deltakere

Testpersoner til prosjektet ble rekruttert blant studenter ved Nord Universitet Trafikkfag som er en toårig utdanning for trafikklærere. Det var frivillig påmelding og det ble lagt en tidsplan for oppmøte og gjennomføring. Totalt var det 44 studenter som deltok. Kjønnfordelingen var 70% menn og 30 % kvinner.

De er studenter som ikke har hatt noen tilknytning til bilkjøring utover at de har førerkort. Mange er opptatt av bil og bilkjøring og søker derved til studiet basert på en slik interesse og kjører generelt privatbil mer enn gjennomsnittet av befolkningen. Deltakerne er gjennomsnittlig 32 år ($SD=9.5$) med 50% under 30 år, 89.5% under 40 år. Alle hadde hatt førerkort klasse B siden de var 18-19 år. Rundt 73 % oppgav at de brukte skjermssystemet i sin privatbil daglig eller ukentlig.

2.3 Testbil og gjennomgang display-prosedyrer

Testbilen Peugeot 5008 med automatgir, ble stilt til rådighet av NORD universitet. Den er utstyrt med en berøringsskjerm (touchskjerm) som er plassert på dashbordet til høyre for instrumentpanelet og rattet (figur 5). Skjermssystemet har store tydelige fremstillinger av de forskjellige applikasjonene (med standardiserte symboler) som ble brukt under testkjøringen. Før testkjøringen startet ble det gjennomført kalibrering av Tobii Eye Tracker for å kontrollere personens fikseringskvalitet og samsyn. Testpersonen ble gjort kjent med prosedyrene for bruk av skjermssystemet, touchskjermen og andre relevante betjeningsorganer (figur 5). Testpersonene som er studenter ved NORD, kjører tilsvarende biler i sin praksis på universitetet knyttet til utviklingen av egenferdighet og i undervisningen av ungdom som skal ta førerkort. Skolebilene de bruker er imidlertid utstyrt med manuelt gir.

Testbil Peugeot 5008



Skjermssystem



Figur 5: Bilmodell brukt under testkjøringen og plasseringen av skjermssystemet i testbilen Peugeot 5008 (SINTEF).

Under testkjøringene hadde vi med trafikklærer fra NORD universitet om var ledsager og sikkerhetsansvarlig. Han gikk gjennom prosedyrene for gjennomføringen av kjøringen og presenterte kjøreruten for testpersonen. Videre ble kommunikasjonen mellom ledsager og testperson avklart mht. rollefordeling under kjøringen og løsningen av oppgavene.

Læreren initierte oppgaver med å gi de samme instruksjonene under kjøring på samme referansepunkter på ruten for alle testpersonene.

2.4 Datainnsamling

Datainnsamlingen skjedde på følgende vis:

- A. Trafikklærer (ledsager) ba fører starte bilen og kjøre etter at kalibreringen og prosedyrene var gjennomgått. Testpersonen fikk før de kjørte også en orientering om kjøreruten. Imidlertid ga læreren testpersonen tidlig tilsigelse mht. hvor de skulle kjøre slik at det ikke ble noen usikkerhet som kunne forstyrre betjeningen av skjermssystemet. Testruten er delvis kjent av studentene da de i sin praksis med elever bruker deler av den samme kjøreruten.
- B. Trafikklærer ga fører muntlig oppgavene på bestemte steder. Samtidig skulle personene selv vurdere trafikksituasjonen mht. om det var forsvarlig å utføre oppgavene.
- C. Oppgavene for bruk av skjermssystemet ble gitt i følgende rekkefølge langs kjøreruten (jfr. Figur 4):
 - 1. Taste inn radiokanal P10 (område 1)
 - 2. Justere luft mot frontrute (område 3)
 - 3. Aktivere ACC (område 3)
 - 4. Skrive inn gateadresse (område 3)
 - 5. Søke musikkstykke på Spotify (område 3)
 - 6. Justere temperatur (område 3)
 - 7. Taste telefonnummer (område 3)
 - 8. Skrive inn adresse (område 2)
 - 9. Taste inn telefonnummer (område 2)
 - 10. Taste inn radiokanal NRK P1 (område 1)
 - 11. Slå av og på vindusvisker

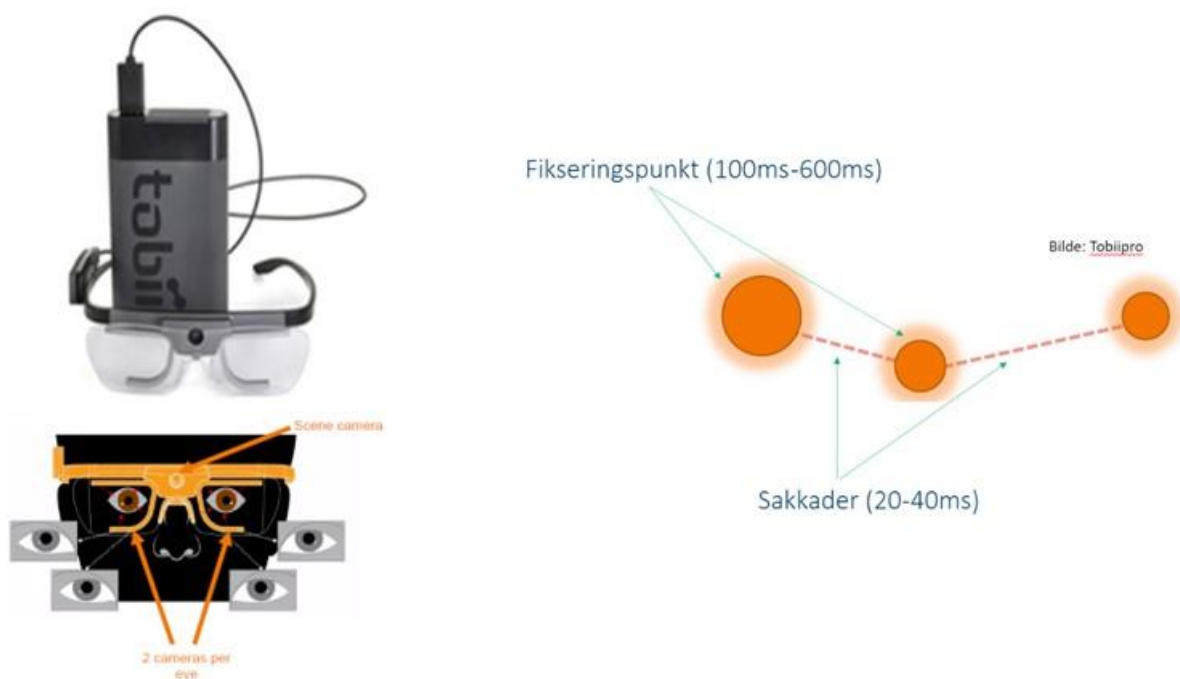
Oppgave 11 (slå av og på vindusvisker) gjennomføres uten bruk av berøringsskjerm. Vi brukte denne oppgaven som en referanse for en overlært og enkel betjening med minimal kognitiv belastning. Etter endt kjøring skulle alle testpersonene umiddelbart fylle ut et evalueringsskjema med en vurdering av hvor belastende og krevende det var å utføre oppgavene (1-11) under kjøretesten. Det ene evalueringsskjemaet omhandlet hvordan de opplevde å utføre oppgavene mht. stress (NASA RTLX). Det andre skjemaet omhandlet påvirkningen av kjøreprosessen mht. hvor vanskelig og risikofyllt det var å utføre de enkelte oppgavene under kjøringen. Noen oppgaver ble gitt i sentrumsgater og noen på landeveg. Det innebærer at den trafikale konteksten vil være forskjellig mht. type påvirkning av kjøreprosessen.

2.5 Oppmerksomhetsfordeling

2.5.1 Eyetracker

Ved bruk av blikkpunktkamera (Tobii Eye Tracker) har blikkbruken og oppmerksomhetsfordelingen under kjøringen blitt registrert. Under et opptak samler systemet inn data om øyebevegelser og fikseringer relatert til en samplingsfrekvens. Hvert datapunkt identifiseres med et tidsstempel og koordinater og blir analysert av systemet. For å visualisere og tolke dataene blir rådata videre behandlet til øyebevegelser (sakkader) med fikseringspunkter og koblet til statiske eller bevegelige stimuli i den skiftende trafikale konteksten.

Øyebevegelsene veksler mellom sakkader og fikseringspunkter. Fikseringspunkter (varighet 100-600 ms) er punkter mellom to sakkader (varighet 20-40 ms), der øynene er relativt stasjonære. Lengden, antallet fikseringer og øyebevegelser er derfor en god indikasjon på kognitive aktiviteter i hjernen knyttet til førerens planlegging, prediksjoner og handlinger innpasset i kjøreprosessen.



Figur 6: fikseringspunkt og sakkader. Kilde: TobiiProLab_1.162_UserManual.

Kalibrering

Kalibrering gjennomføres for hver deltaker. Det kan være en utfordring når en deltaker bruker multifokale linser eller har problemer mht. å være lang- eller nærsynt og det er ikke mulig å bruke egne briller. Kalibrering ble gjennomført med fører utenfor bilen og kontrollert med et nettbrett før kjøring inne i bilen.



Figur 7: Kalibrering med en deltaker før testturen.

Validering

For å analysere dataene, er det viktig at det samles nok data for hver fører når hun/han gjennomfører hver oppgave under kjøring. For en god analyse er det nødvendig at ca. 80-90 % av fikseringsdata er registrert.

Prosentandelen beregnes ved å dele antall korrekt identifiserte blikkpunkter med det teoretiske. Eye-tracker med en samplingsfrekvens på 50 Hz registrerer 50 punkter per sekund. Hvis programvaren kan bruke alle registreringene av blikkpunktene til beregning, vil verdien for blikkpunktprøver være 100 %. Denne prosentandelen er imidlertid sjelden, fordi noen blikkpunkter alltid går tapt. For eksempel forårsaker blinking vanligvis rundt 5-10 % tap av data under et opptak.

Prosentandelen beregnes slik:

$$\text{Blikkpunktdata} = (\text{Antall uklassifiserte punkter} + \text{Fikseringspunkt} + \text{sakkader}) / \text{Total teoretisk blikkpunkt}$$

Uklassifiserte punkter er punkter systemet ikke klarer å identifisere (som å skille mellom fikseringspunkt og sakkader)

Analyse

Dataanalyse gjennomføres med Tobii Pro Lab software (Tobii Pro AB (2014). Tobii Pro Lab (Version 1.162) [Computer software]. Danderyd, Sweden: Tobii Pro AB.). Programvaren består av tre moduler (Design, Record and Analyse) og en prosjektoversikt med videoopptakene. Prosjektoversikten viser informasjon om hvilke opptak som er lagret og hvilke hendelser (Events), tidspunkt (Time Of Interest, TOI) og AOI (Area Of Interest) som er knyttet til opptakene.

Steg for analysen er:

- Finne start-tid og slutt-tid (Events): Tidspunkt av interesse som er markert (med navn og farge) i opptaket, for eksempel start-tid og slutt-tid av en oppgave.
- Definere tidspunkt (Time Of Interest, TOI) som kan opprettes manuelt med å bruke to tidspunkt for å velge starten og slutten av en oppgave.
- Definere interesseområder (Area Of Interest, AOI) som kan opprettes manuelt ved å bruke statiske eller dynamiske geometriske former (e.g., berøringsskjerm, veg og trafikk).

Systemet leverer disse data:

- Fikseringspunkter- rekkefølge/mønster av punkter
- Antall fikseringspunkter i løpet av tidsintervall
- Antall sakkader og sakkadenes lengde og tid

Systemet gjenkjenner imidlertid ikke steder (basert på bilder) på grunn av variasjoner i lys og på grunn av tilstedeværelsen av andre kjøretøy eller endring på berøringsskjerm. Dette betyr at definering av interesseområder ble gjennomført manuelt.

Interesseområder

Disse 4 interesseområder ble avgrenset i systemet for gjennomføring av analysen:

- Veg og trafikk (inkluderer også speil)
- Berøringsskjerm
- Midtre bryterpanel
- Instrument panel



Figur 8: Interesseområder avgrenset i systemet for gjennomføring av analysen.

2.5.2 NASA Task Load Index

NASA RTLX eller NASA Task Load Index (NASA-TLX) brukes til å måle kognitiv arbeidsbelastning i 6 dimensjoner (Georgsson, 2019):

1. Mentale krav: Mengden mental og perseptuell aktivitet som kreves.
2. Fysiske krav: Mengden fysisk aktivitet som kreves.
3. Tidspress: Tidspresset som føles på grunn av oppgavens tempo.
4. Prestasjon: Deltakerens tilfredshet med egen ytelse.
5. Anstrengelse: Mengden arbeid som trengs for å oppnå ytelsesnivået.
6. Frustrasjon: Nivået av irritasjon, stress, frustrasjon, tilfredshet og avslapning

Deltakerne vurderer hver dimensjon fra lav til høy gradert på en skala fra 1-7. Det beregnes et gjennomsnitt for å bestemme den totale kognitive belastningen. Den praktiske og enkle registreringen til NASA RTLX gjør den egnet for ulike anvendelser, som å vurdere kognitiv belastning under kjøresimuleringer (Jenssen, 2000).

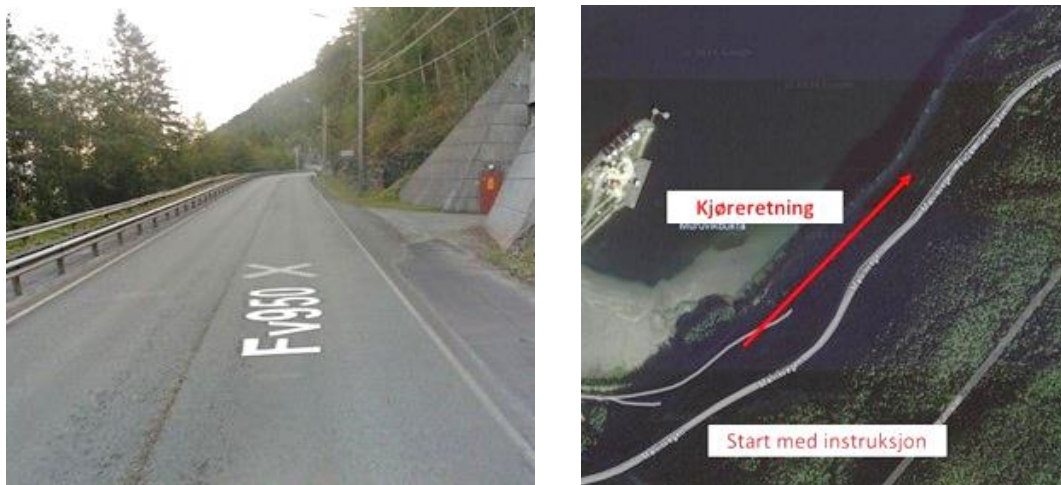
3 Resultater – eyetracker

Testpersonene skulle løse 11 oppgaver under testturen. Vi har valgt ut fire oppgaver som ble analysert og som er veldig forskjellige mht. vanskegrad og tid for å løses. Vi er avhengig av datakvaliteten for å kunne gjennomføre en analyse. I den tidsperioden de skulle løse en oppgave satt vi et kriterium på at vi har registrert 90 % av førernes blikkpunkt basert på frekvensprøver. Det betyr at testpersoner som ikke tilfredsstiller det kravet ikke blir med i analysen av den aktuelle oppgaven. Det var store forskjeller i førernes kompetanse til å bruke skjermssystemet, hvilket kommer fram gjennom relativt store standardavvik i resultatene.

3.1 Innetemperatur

3.1.1 Oppgave

Oppgaven med å øke innetemperaturen fra 22 til 24 grader for føreren og passasjerene ble gjennomført på Malvikvegen som har en fartsgrense på 80 km/t. Vegen består av motbakke med svinger uten gangfelt. Figur 9 viser vegen hvor instruksjonene ble gitt til føreren. Dataanalysen av førerens tidsforbruk starter når instruksjonen blir gitt og slutter etter at føreren la hånden tilbake på bilrattet etter betjening av skjermen.



Figur 9: Kartet hvor oppgaven med å øke innetemperaturen ble gjennomført.

3.1.2 Kalibrering av data

Tabell 1 viser prosentandel blikkpunkter (i.e. basert på punktprøvningsfrekvens) for alle deltakerne når de har gjennomført oppgaven med å øke innetemperaturen for føreren og passasjerene. Prosentandelen viser til hvor mye av den tiden de bruker til å gjennomføre oppgaven hvor vi registrerer blikkpunkter (e.g., fikseringspunkter og sakkader). Totalt hadde 6 førere veldig lav prosentandel blikkpunkter, under 80%; 14 hadde en prosentandel mellom 80 og 90%. I analysen av data ble fikseringene til 24 førere tatt i bruk med en prosentandel registrering av blikkpunkter på over 90%. Dette gjør at datagrunnlaget for analysene har lav feilmargin.

Tabell 1: Prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne.

										≤ 60% (n=2) 60-69.9% 70-79.9% 80-89.9% 90-100%
D001	86.3%	D011	99.0%	D021	98.2%	D031	96.5%	D041	89.2	
D002		D012	97.1%	D022	99.0%	D032	97.6%	D042	84.7	
D003	87.5%	D013		D023	91.5%	D033	76.8%	D043	95.6	
D004	86.3%	D014	100%	D024	81.2%	D034	97.2%	D044	93.5	
D005	91.7%	D015	97.6%	D025	91.9%	D035	96.9%			
D006	97.8%	D016	94.9%	D026	80.8%	D036	66.5%			
D007	86.4%	D017	99.4%	D027	80.6%	D037	92.4%			
D008	89.5%	D018	91.1%	D028	84.7%	D038	77.5%			
D009	84.8%	D019	97.9%	D029	93.9	D039	96.6%			
D010	78.5%	D020	91.3%	D030	89.7%	D040	87.2%			

3.1.3 Oppmerksomhetsfordeling

Blikkpunkter

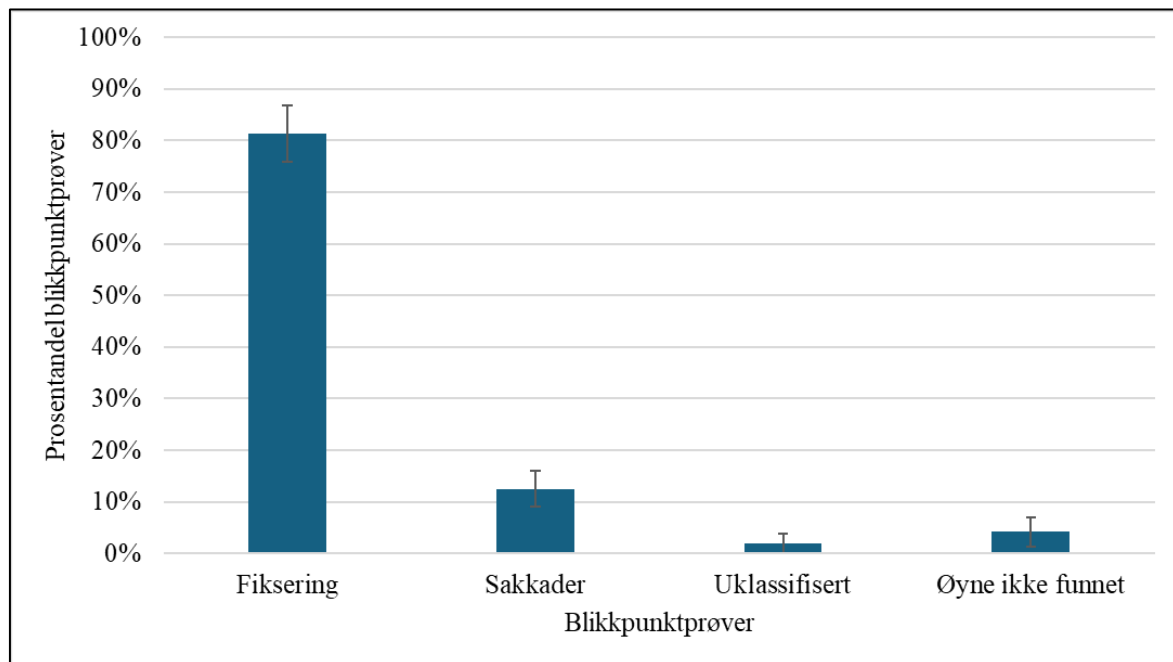
Tabell 2 og Figur 10 viser fordelingen og type data fra blikkpunktkamera når førerne skulle øke innetemperaturen til 24 grader under kjøring. Fikseringer på interesseområdene (veg og trafikk, instrument panel, midtre panel eller berøringsskjermer) hadde i sum en prosentandel på 81.3% (SD=5.5).

Sakkader som er øyebevegelsene mellom to interesseområder eller innenfor et interesseområde, hadde en andel på 12.5% (SD=3.5). Det var 1.9% av dataene som var uklassifisert. Dette betyr at systemet ikke godkjenner datapunkter enten som sakkader eller fikseringspunkter (SD=1.8%).

Totalt er det 4.2% av blikkpunkter hvor systemet ikke kunne finne øynene eks. pga. blinking (SD=2.9).

Tabell 2: Prosentandel blikkpunkter ved å øke innetemperatur under kjøring (n=24).

Prosentandel blikkpunkter	Gjennomsnitt andel	Standardavvik
Fiksering	81.3%	5.5
Sakkader	12.5%	3.5
Uklassifisert	1.9%	1.8
Øyne ikke funnet	4.2%	2.9
Totalt	100%	



Figur 10: Fordeling av blikkpunkter under økning av innetemperatur (n=24).

Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid

Tabell 3 viser hver type blikkpunktdata (Fiksering, sakkader, uklassifisert, øyne ikke funnet), antall blikkpunkter og gjennomsnittlig total tid brukt for å gjennomføre oppgaven ved å øke innetemperatur under kjøring. Gjennomsnittlig krever oppgaven 33 fikseringspunkter (SD=11.0) med en gjennomsnittlig total tid på 13.8s (SD=5.2). Varighet av fikseringspunkter er gjennomsnittlig 435 ms (SD= 152.1).

I tillegg ble det brukt gjennomsnittlig 40.9 sakkader (SD=16.9) mens førerne økte temperaturen. Varighet av sakkader er korte per definisjon med et gjennomsnitt på 52.0ms (SD=10.0). Den totale tiden er derfor også kort på 2.1s (SD=0.8).

Tabell 3: Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid.

Blikkpunkter	Antall		Varighet (ms)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Fiksering	33.0	11.0	435.0	152.1
Sakkader	40.9	16.9	52.0	10.0
Uklassifisert	9.6	7.9	31.2	6.2
Øyne ikke funnet	12.4	8.0	70.0	63.5
Blikkpunkter	Total tid (s)			
	Gjennomsnitt	Standardavvik		
Fiksering	13.8	5.2		
Sakkader	2.1	0.8		
Uklassifisert	0.3	0.3		
Øyne ikke funnet	0.7	0.6		

Fiksering

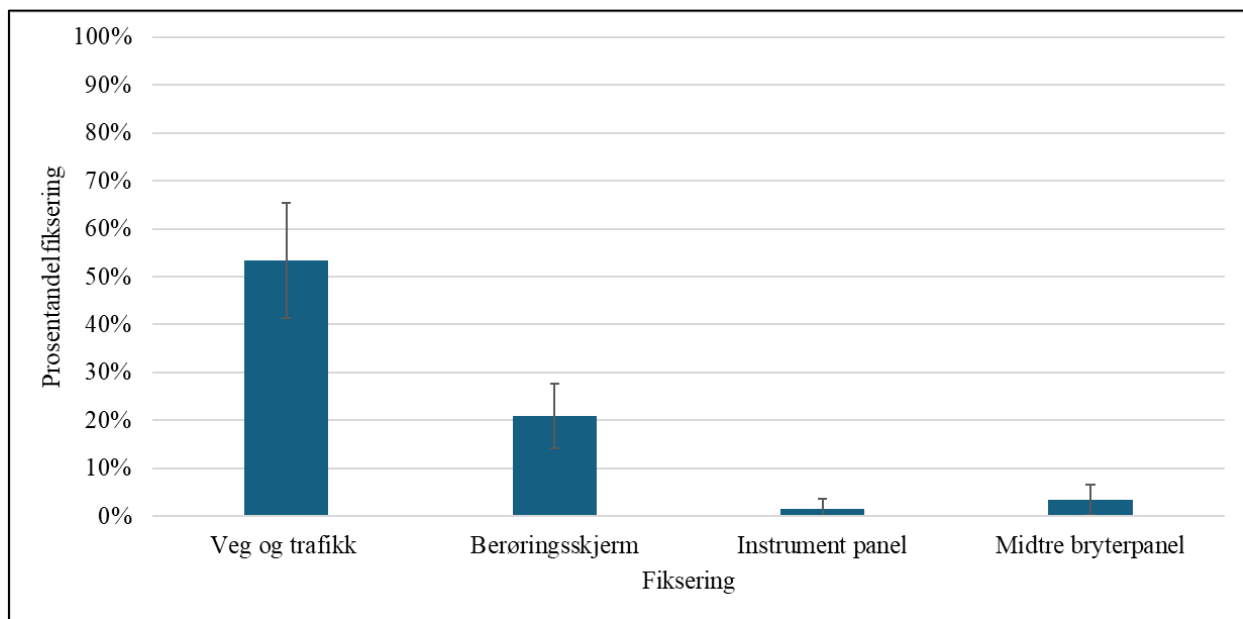
Tabell 4 og Figur 11 viser prosentandel fikseringspunkter ved å øke innetemperatur under kjøring fordelt på interesseområdene (veg og trafikk, berøringsskjerm, instrument panel og midtre bryterpanel).

Prosentandel og fordeling av fikseringer på veg og trafikk er gjennomsnittlig på 53.4% (SD=12.0) og 20.9% på berøringsskjerm (SD=6.8).

Oppmerksomhet på midtre bryterpanel eller instrumentpanel er relativ lav med prosentandeler på 3.5% og 1.6%. Dette viser at antall førere som har brukt fysiske knapper på midtre bryterpanel eller har sett på speedometeret er veldig få.

Tabell 4: Prosentandel fiksering ved å endre innetemperatur under kjøring (n=24).

Prosentandel fiksering	Gjennomsnitt andel	Standardavvik
Veg og trafikk	53.4%	12.0
Berøringsskjerm	20.9%	6.8
Instrument panel	1.6%	2.2
Midtre bryterpanel	3.5%	3.2



Figur 11: Prosentandel fordeling av fikseringer under økning innetemperatur (n=24).

Antall fikseringer, varighet og total tid av fiksering

Tabell 5 viser forskjellen mellom oppmerksomhet på veg, trafikk og berøringsskjerm.

Gjennomsnittlig ble det brukt 11,1 fikseringspunkter på berøringsskjerm (SD=3.4) med en total varighet på 321.1ms (SD=136.4). Den totale tiden brukt på berøringsskjerm er gjennomsnittlig på 3.4s (SD=1.4). Oppgaven ble gjennomført med en relativ kort oppmerksomhetstid på skjerm.

Oppmerksomhet på veg og trafikk var nesten tre ganger høyere med et gjennomsnitt tid på 9.2s (SD=4.7). Varighet for fikseringspunkter på veg og trafikk var 498.7ms (SD=179.2) som viser et høyere fokus på veg enn på skjerm.

Tabell 5: Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid (n=24).

Fikseringer	Antall fikseringer		Varighet (ms)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Veg og trafikk	19.5	8.5	498.7	179.2
Berøringsskjerm	11.1	3.4	321.1	136.4
Fiksering	Total time (s)			
	Gjennomsnitt	Standardavvik		
Veg og trafikk	9.2	4.7		
Berøringsskjerm	3.4	1.4		

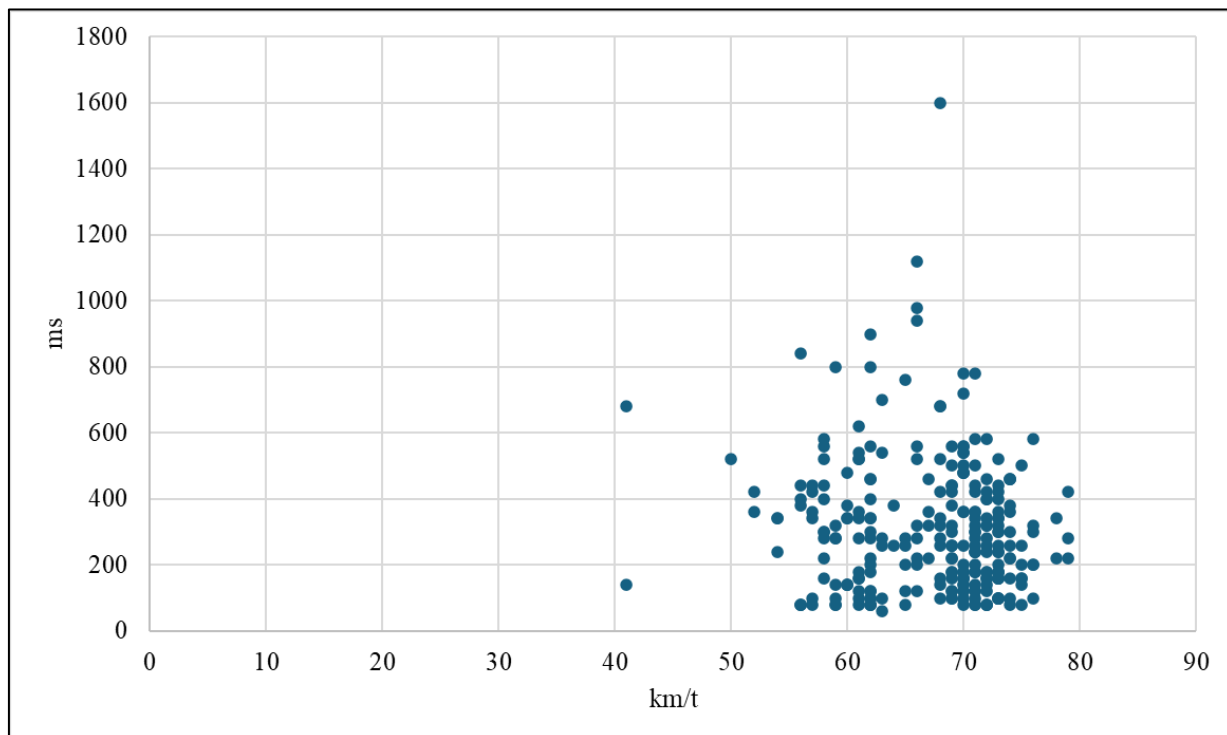
Tidsbruk på berøringsskjerm og hastigheter

Tabell 6 viser at 83.0% av fikseringspunkter på berøringsskjerm varte under 500ms og 15.9% mellom 500ms og 1s. 2 fikseringspunkter varte over 1s (1.1s og 1.6s). Totalt ble det registrert 267 fikseringspunkter for 24 deltakere.

Tabell 6: Antall fiksering og fikseringsandel på berøringsskjerm.

Fikseringstid	Antall	Prosent
0 – 500 ms	225	83.0%
500 – 1000 ms	40	15.9%
1000 – 1500 ms	1	0.6%
1500 – 2000 ms	1	0.6%
Over 2000 ms	0	0.0%
Totalt	267	100%

Figur 12 viser 267 fikseringspunkter på berøringsskjerm med tilsvarende hastigheter mellom 40 og 80 km/t når førerne har gjennomført oppgaven. Hastigheten var på 68 km/t når en av førerne hadde sin oppmerksomhet på skjerm over 1.6s og på 66 km/t når en annen hadde fokus over 1.1s. Lavere hastigheter under 55 km/t forklares med forbikjøring av en bil med motorstopp. Dette medførte at trafikksituasjonene ble veldig forskjellige slik at en gjennomsnittshastighet ikke ville gi et riktig bilde av førernes hastighetsvalg.



Figur 12: Fikseringstider på berøringsskjerm ved endring av temperatur med kjørehastigheter (n=267).

3.1.4 Oppsummering

Det var 24 testpersoner (førere) som ble analysert. Når føreren skulle justere eller endre på innetemperaturen i bilen var det blant de enkleste og minst krevende oppgavene de skulle utføre. Displayet og skjermbildet er oversiktlig med tydelige symboler. Det viktigste var å analysere hvor lang tid de brukte og oppmerksomhetsfordelingen mht. hvor mye de så på henholdsvis trafikken og skjermen.

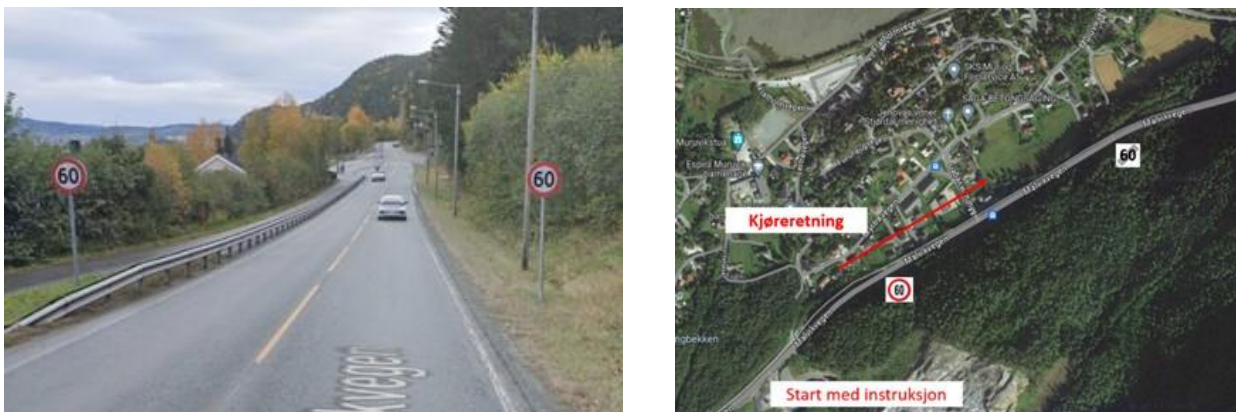
- Fikseringstiden for å løse oppgaven «å endre temperatur», var i gjennomsnitt 13,8 sekunder
- Av denne tiden ble 9,2 sekunder brukt til å observere de trafikale omgivelsene og 3,4 sekunder til å se på skjermen.
- I løpet av de 9,2 sekundene var det i snitt 19 fikseringer mot trafikken og i løpet av de 3,4 sekundene i snitt 11 fikseringer og berøringsskjermen.
- I tillegg kommer 2,1 sekunder der førerne i snitt har 40 sakkader, ca. 52ms per sakkade. Det betyr at det er mange skiftninger mellom trafikken og skjermen, men mange av sakkadene kan være bare på skjermen eller trafikken.
- Av de totalt 225 fikseringene på berøringsskjerm var 83 % under 500 ms, dvs. 0,5 sekund.
- Hastighetene varierte mellom førerne med snitt i området 60-70 km/t.

Når førerne skulle endre temperatur skjedde det på landeveg i 80-sone. Det er lett å lese skjermen mht. informasjon om temperatur og koordinere «hjerne-øye-hånd» for å utføre oppgaven. Kjøreprosessen påvirkes i liten grad da dette tar kort tid og hvor kravet til presisjon og tidsforbruk ikke er spesielt krevende. Den trafikale konteksten var lett å predikere mht. «hva kan skje, hvor, når og hvordan».

3.2 Søke opp sang (musikkstykke)

3.2.1 Oppgave

Oppgaven med å velge en sang (musikkstykke) på en musikkplattform ble gjennomført på Malvikvegen som har en fartsgrense på 60 km/t ved passering avkjøring til Muruvik. Stedet har rettstrekning med vegkryss og gangfelt. Figur 13 viser vegen omtrent der instruksjonene ble gitt til føreren om å finne en fritt valgt sang ved bruk av berøringsskjermen. Dataanalysen starter med instruksjonene og slutter etter at føreren la hånden tilbake på bilrattet.



Figur 13: Kartet hvor oppgaven med å velge en sang på en musikkplattform ble gjennomført.

3.2.2 Kalibrering av data

Tabell 7 viser prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne når de har gjennomført oppgaven med å velge en sang på en musikkplattform. Totalt hadde 7 førere veldig lav prosentandel blikkpunkter, under 80%; 8 hadde en prosentandel mellom 80 og 90%. I analysen, ble 29 førere tatt i bruk med en prosentandel over 90%.

Tabell 7: Prosentandel blikkpunktprøver for alle deltakerne.

D001	94.5%	D011	98.6%	D021	99.0%	D031	96.5%	D041	80.0%	≤ 60% (n=2)
D002	84.9%	D012	93.1%	D022	99.0%	D032	90.7%	D042	92.3%	60-69.9%
D003	94.3%	D013	61.2%	D023	98.2%	D033	67.5%	D043	87.8%	70-79.9%
D004		D014	98.9%	D024	89.1%	D034	97.2%	D044	95.2%	80-89.9%
D005	93.2%	D015	95.6%	D025	94.0%	D035	84.9%			90-100%
D006	99.2%	D016	93.2%	D026	93.4%	D036	61.4%			
D007	89.7%	D017	99.3%	D027	73.2%	D037	96.0%			
D008	96.9%	D018	92.5%	D028	92.3%	D038				
D009	94.3%	D019	93.6%	D029	94.1%	D039	84.3%			
D010		D020	90.8%	D030	86.9%	D040	92.5%			

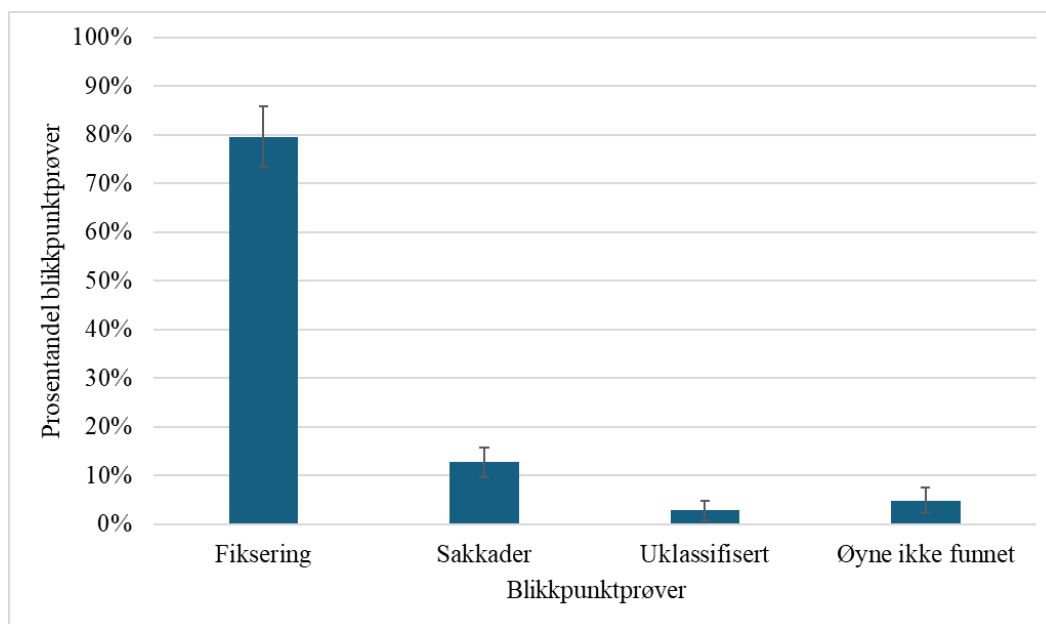
3.2.3 Oppmerksomhetsfordeling

Blikkpunkter

Tabell 8 og Figur 14 viser blikkpunkter ved å velge et musikkstykke under kjøring. Fikseringer på interesseområdene (i.e., veg og trafikk, instrument panel, midtre bryterpanel og berøringsskjerm) hadde en prosentandel på 79.3% (SD=6.2). Sakkader hadde en andel på 12.7% (SD=3.1), 2.8% av blikkpunktene var uklassifisert (SD=2.0) og 4.9% av blikkpunktene hvor systemet ikke kunne finne øynene (SD=2.7).

Tabell 8: Prosentandel blikkpunkt ved å velge en sang under kjøring (n=29).

Prosentandel blikkpunkter	Gjennomsnitt andel	Standardavvik
Fiksering	79.6%	6.2
Sakkader	12.7%	3.1
Uklassifisert	2.8%	2.0
Øyne ikke funnet	4.9%	2.7
Totalt	100%	



Figur 14: Fordeling av blikkpunkter ved å velge et musikkstykke under kjøring (n=29).

Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid

Tabell 9 viser blikkpunktdata (fikseringer, sakkader, uklassifisert, øyne ikke funnet), antall blikkpunkter og gjennomsnittlig total tid brukt for å gjennomføre oppgaven ved å velge et musikkstykke under kjøring. Totalt krever utførelsen av oppgaven i snitt 65 fikseringspunkter (SD=28.1) i løpet av en total fikseringstid på 23.5s (SD=10.0). I snitt er hver fiksering på 379.5 ms (SD= 118), dvs. 0,37 sekund.

I tillegg var det i snitt 83.7 sakkader (SD=52.0) mens førerne valgte sangen. Varighet av sakkader hadde et gjennomsnitt på 46.1ms (SD=6.4). I snitt er tiden brukt på sakkader 3,7 sekunder (SD=1.8).

Tabell 9: Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid

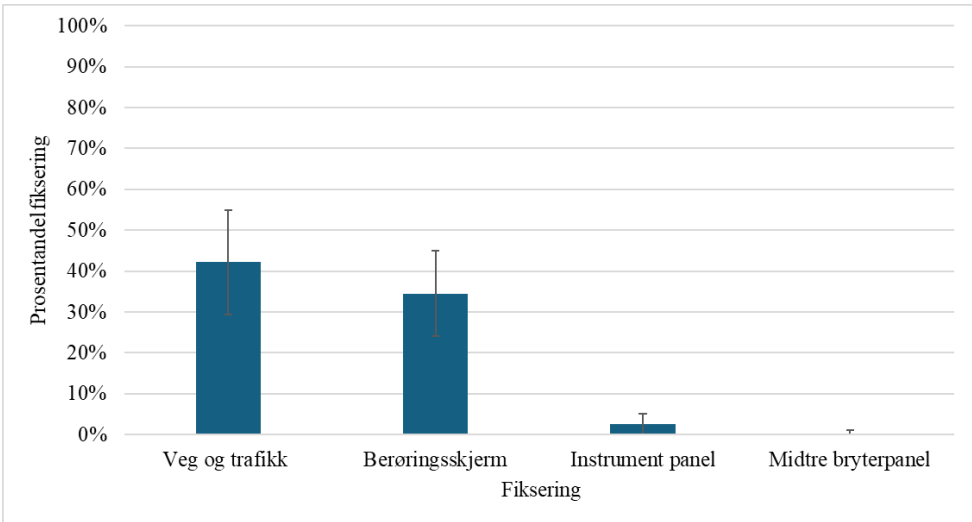
Blikkpunkter	Antall		Varighet (ms)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Fiksering	65.0	28.1	379.5	118.0
Sakkader	83.7	52.0	46.1	6.4
Uklassifisert	23.7	27.1	35.1	3.4
Øyne ikke funnet	26.6	19.7	59.1	35.7
Blikkpunkter	Total tid (s)			
	Gjennomsnitt	Standardavvik		
Fiksering	23.5	10.0		
Sakkader	3.7	1.8		
Uklassifisert	0.8	0.9		
Øyne ikke funnet	1.4	1.0		

Fiksering

Tabell 10 og Figur 15 viser prosentandel fikseringspunkter ved å velge en sang under kjøring. Prosentandel fiksering på veg og trafikk er gjennomsnittlig på 42.2% (SD=12.8) og 34.5% på berøringsskjerm (SD=10.5). Oppmerksomhet på midtre bryterpanel eller instrument panel er relativ lav med prosentandeler på 0.3% og 2.5%.

Tabell 10: Prosentandel fiksering ved å velge en sang under kjøring (n=29).

Prosentandel fiksering	Gjennomsnitt	Standardavvik
Veg og trafikk	42.2	12.8
Berøringsskjerm	34.5	10.5
Instrument panel	2.5	2.6
Midtre bryterpanel	0.3	0.9



Figur 15: Prosentandel fiksering ved å velge en sang under kjøring (n=29).

Antall, varighet og total tid av fiksering

Tabell 11 viser forskjellen mellom oppmerksomhet på veg og trafikk, og berøringsskjerm.

Gjennomsnittlig ble det brukt 31.2 antall fiksering på berøringsskjerm (SD=16.9) med en varighet på 338.6ms (SD=98.2). Den totale tiden brukt på berøringsskjerm er gjennomsnittlig på 10.3s (SD=5.4). Oppgaven ble gjennomført med en relativ høy oppmerksomhet på skjerm.

Oppmerksomhet på veg og trafikk var ganske lik som på skjerm med et gjennomsnitt på 12.5s (SD=7.2). Varighet for fikseringspunkter på veg og trafikk var 433.8ms (SD=214.5) som viser en relativ lik oppmerksomhetsfordeling mellom vegen og skjermen.

Tabell 11: Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid (n=29).

Fikseringer	Antall		Varighet (ms)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Veg og trafikk	30.4	12.9	433.8	214.3
Berøringsskjerm	31.2	16.9	338.6	98.2
Fikseringer	Total time (s)			
	Gjennomsnitt	Standardavvik		
Veg og trafikk	12.5	7.2		
Berøringsskjerm	10.3	5.4		

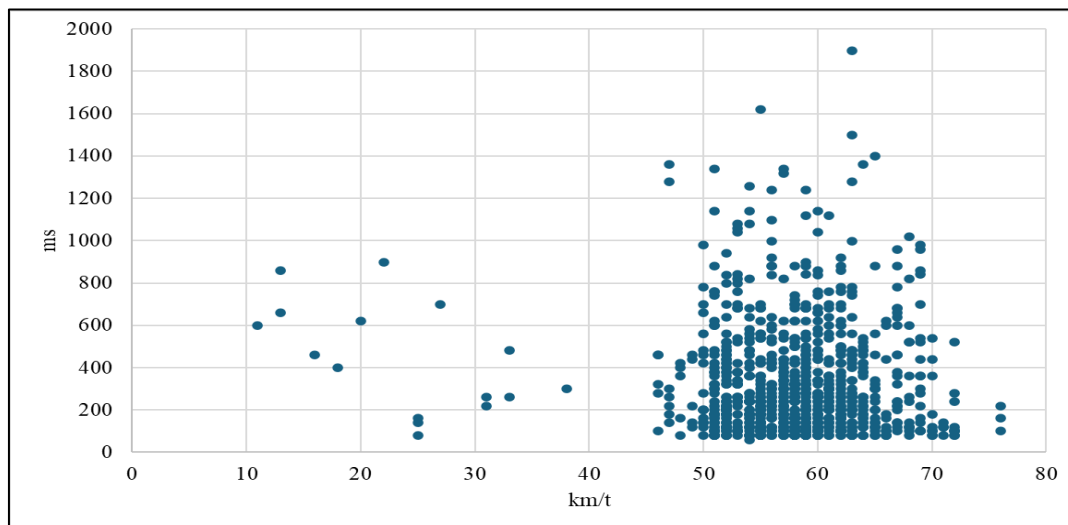
Tidsbruk på berøringsskjerm og hastighet

Tabell 12 viser at 78.4% av fikseringspunkter på berøringsskjerm varte under 500ms og 18.7% mellom 500ms og 1s. Totalt er det 24 punkter som varte mellom 1s og 1.5s og 2 punkter mellom 1.5s og 2.0s. Totalt ble det registrert 904 fikseringspunkter for 29 deltakere.

Tabell 12: Antall fikseringer og fikseringsandel på berøringsskjerm.

Fikseringstid	Antall	Prosent
0 – 500 ms	723	78.4%
500 – 1000 ms	155	18.7%
1000 – 1500 ms	24	2.7%
1500 – 2000 ms	2	0.2%
Over 2000 ms	0	0.0%
Totalt	904	100%

Figur 16 viser 904 fikseringspunkter på berøringsskjerm med tilsvarende hastighet som for de fleste førerne var mellom 45 km/t og 75 km/t når førerne har gjennomført oppgaven. Hos en av førerne var hastigheten på bilen 63 km/t (17.5m/s) mens han hadde sin oppmerksomhet på berøringsskjermen i over 1.9s og en annen fører med hastighet på 55 km/t hadde blikket på skjermen med en varighet på over 1.6s. Hvis en fører ventet med å starte å søke etter en sang kunne han kjøre fra 60- og inn i en 80-sone. Derfor vil noen av førerne kjøre med en hastighet høyere enn 60 km/t. Noen førere viste også at de hadde redusert overvåking av egen hastighet under søkingen etter sang som førte til endret hastighet.



Figur 16: Fikseringstid på berøringsskjerm med kjørehastigheter (n=904).

3.2.4 Oppsummering

Det var 29 testpersoner (førere) som ble analysert. Displayet og skjermbildet er oversiktlig med tydelige symboler mht. å finne en app som leder deg til en musikkplattform. Det viktigste var å analysere hvor lang tid de brukte og oppmerksomhetsfordelingen mht. hvor mye de så på henholdsvis trafikken og skjermen.

- Fikseringstiden i gjennomsnitt for å løse oppgaven og finne en sang de ønsket tok i snitt 23,5 sekunder.
- Av denne tiden ble 12,5 sekunder brukt til å observere de trafikale omgivelsene og 10,3 sekunder til å fikse på berøringsskjermen.
- I løpet av de 12,5 sekundene var det i snitt 30 fikseringer mot trafikken og i løpet av de 10,3 sekundene i snitt 31 fikseringer på berøringsskjermen.
- I snitt var varigheten på en fiksering 0,4 sekund mot trafikken og 0,3 sekund på berøringsskjermen.
- I tillegg kommer 3,7 sekunder der førerne har i snitt har 83 sakkader, ca. 46ms per sakkade. Det betyr at det er mange skiftninger mellom trafikken og skjermen, men mange av sakkadene kan være bare på skjermen eller innen trafikksituasjonen.
- Av de totalt 904 fikseringene på berøringsskjermen var 78 % under 0,5 sekund og 19 % mellom 0,5 – 1 sekund.
- Hastighetene varierte mye mellom førerne der de fleste kjørte i 50- 60 km/t.

Når førerne skulle søke etter en sang de selv ønsket skjedde det på landeveg i 60-sone. Det er lett å lese skjermen mht. informasjon om musikkplattform og koordinere «hjerne-øye-hånd» for å utføre oppgaven. Men det kan ta tid å finne riktig sang som gjør at man må rulle tilbake og følge med på skjermen for å finne sangen. Antall fikseringer på skjerm er ganske mange og korte, videre er det mange sakkader som tyder på at det er mange vekslinger mellom trafikken og berøringsskjermen.

Kjøreprosessen belastes mye gjennom så mange skiftninger (switche) mellom dels trafikk/skjerm, men trolig også ved at førerne følger opp med flere fikseringer og sakkader på berøringsskjermen under søkingen etter sangen.

Dette vil kunne føre til en negativ påvirkning av kjøreprosessen med redusert presisjon i kjøringen og det å være oppdatert på den trafikale konteksten. Under testkjøringen var den trafikale konteksten relativ enkel å predikere mht. «hva kan skje, hvor, når og hvordan».

3.3 Radio

3.3.1 Oppgave

Oppgaven med å bytte radiokanal til P10 Country ble gjennomført på Wessels veg som har en fartsgrense på 40km/t fra rundkjøring og som øker til 50km/t når man nærmer seg til E6. Vegen har et gangfelt ved rundkjøring og to enkeltstående gangfelt. Figur 9 viser vegen med omtrent hvor instruksjonene ble gitt til føreren. Dataanalysen starter med instruksjonene og slutter etter føreren la hånden tilbake på bilrattet. Totaltiden på denne oppgaven var i snitt 27,7 sekunder hvorav 25,7 sekunder danner basis for analysene av 26 førere.



Figur 17: Kartet hvor oppgaven med å bytte radiokanal til P10 Country ble gjennomført.

3.3.2 Kalibrering av data

Tabell 13 viser prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne når de har gjennomført oppgaven med å bytte radiokanal til P10 Country. Totalt hadde 10 førere veldig lav prosentandel blikkpunkter, under 80%; og 8 hadde en prosentandel mellom 80 og 90%. For analysen, ble 26 førere tatt i bruk med en prosentandel over 90%.

Tabell 13: Prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne.

										≤ 60% (n=2)
										60-69.9%
										70-79.9%
										80-89.9%
										90-100%
D001	75.5%	D011	95.9%	D021	99.1%	D031	97.9%	D041	98.0%	
D002	60.6%	D012	94.7%	D022	98.3%	D032	98.0%	D042	94.8%	
D003	67.7%	D013	82.4%	D023	96.8%	D033	77.1%	D043	88.8%	
D004		D014	89.0%	D024	87.5%	D034	99.3%	D044	95.3%	
D005	89.0%	D015	98.9%	D025	96.4%	D035	75.2%			
D006	95.5%	D016	92.1%	D026	71.6%	D036	71.0%			
D007	92.5%	D017	97.2%	D027	81.1%	D037	98.5%			
D008	92.9%	D018	89.3%	D028	95.7%	D038	68.1%			
D009	83.2%	D019	96.5%	D029	93.6%	D039	94.4%			
D010		D020	95.1%	D030	91.8%	D040	97.0%			

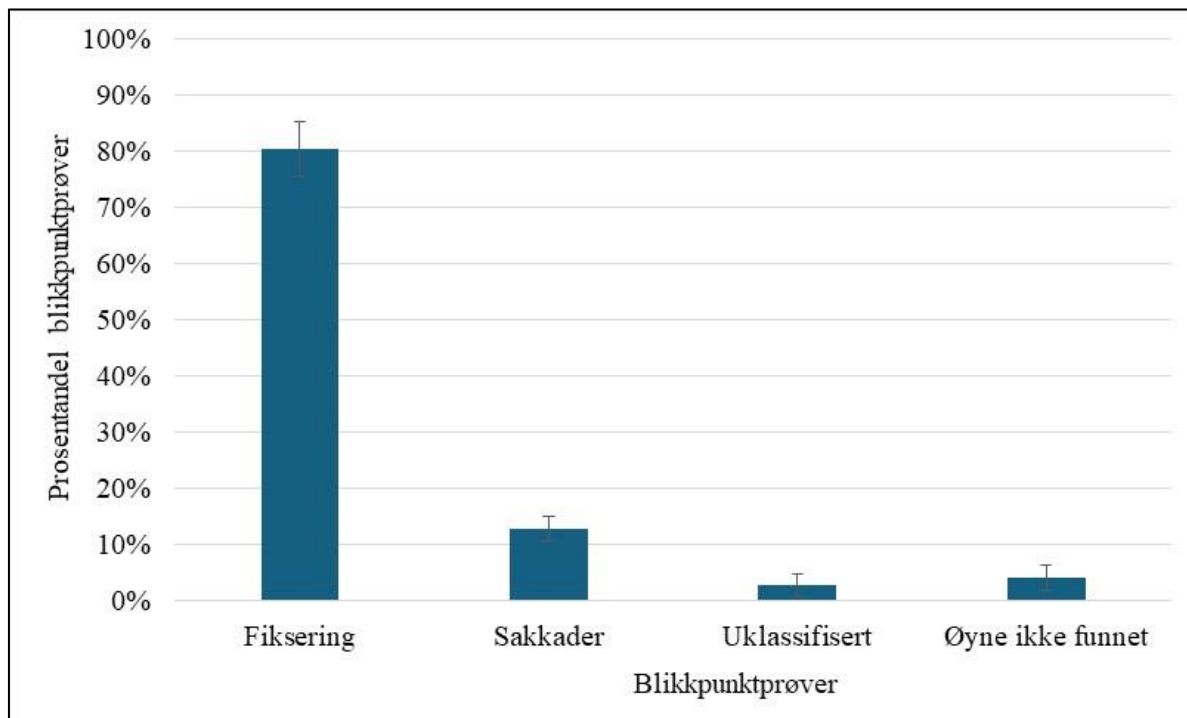
3.3.3 Oppmerksomhetsfordeling

Blikkpunkter

Tabell 14 og Figur 18 viser prosentandel blikkpunkter ved å velge radiokanal P10 Country under kjøring. Fiksering på interesseområder hadde en prosentandel blikkpunkter på 80.5% (SD=4.9). Sakkader hadde en andel på 12.7% (SD=2.2). 2.8% var uklassifisert av systemet (SD=1.9). Totalt er det 4.0% som er prosentandel blikkpunkter hvor systemet kunne ikke finne øynene (SD=2.2).

Tabell 14: Prosentandel blikkpunkter ved valg av radiokanal under kjøring (n=26).

Prosentandel blikkpunkter	Gjennomsnitt andel	Standardavvik
Fiksering	80.5%	4.9
Sakkader	12.7%	2.2
Uklassifisert	2.8%	1.9
Øyne ikke funnet	4.0%	2.2
Totalt	100%	



Figur 18: Blikkpunkter ved valg av radiokanal P10 Country under kjøring (n=26).

Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunktstid

Tabell 15 viser forskjellig type blikkpunktdata (fikseringer, sakkader, uklassifisert, øyne ikke funnet), antall blikkpunkter og gjennomsnittlig tid brukt for å gjennomføre oppgaven ved å velge radiokanal P10 Country. I gjennomsnitt krever oppgaven 65.3 fikseringspunkter (SD=33.0) med en gjennomsnittlig tid på 22.1s (SD=10.3). Varighet av fikseringspunkter er i gjennomsnitt 355.1 ms (SD= 82.2).

I tillegg ble det brukt gjennomsnitt 83.4 sakkader (SD=45.8) mens førerne valgte kanalen. Varighet av sakkader hadde et gjennomsnitt på 43.3ms (SD=4.5). Den totale tiden er derfor kort på 3.6s (SD=1.9).

Tabell 15: Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunktstid

Blikkpunkter	Antall		Varighet (ms)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Fiksering	65.3	33.0	355.1	82.2
Sakkader	83.4	45.8	43.3	4.5
Uklassifisert	22.7	19.0	33.4	6.2
Øyne ikke funnet	22.6	19.0	58.1	31.9
Blikkpunkter	Total tid (s)			
	Gjennomsnitt	Standardavvik		
Fiksering	22.1	10.3		
Sakkader	3.6	1.9		
Uklassifisert	0.8	0.7		
Øyne ikke funnet	1.2	1.0		

Fiksering

Tabell 16 og Figur 19 viser prosentandel fikseringspunkter ved å velge radiokanalen under kjøring.

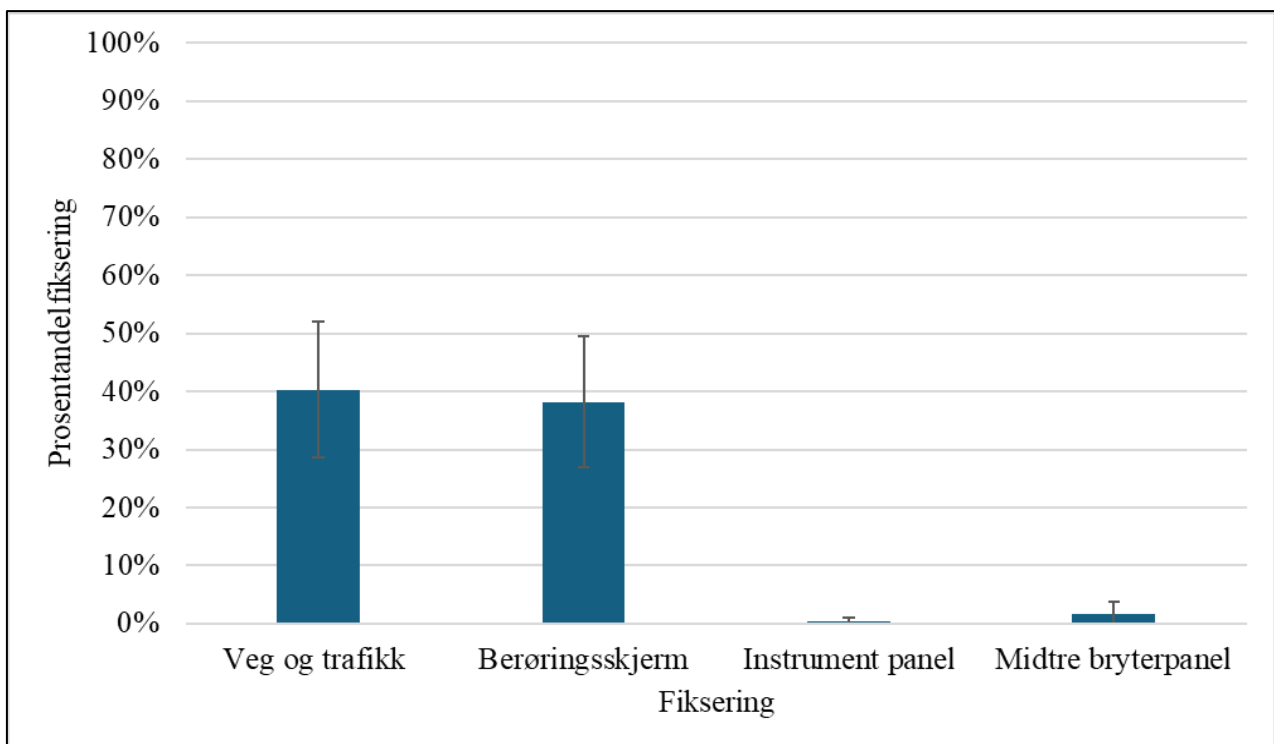
Prosentandel fiksering på veg og trafikk er gjennomsnittlig på 38.2% (SD=11.2) og 40.2% på berøringsskjerm (SD=11.7).

Oppmerksomhet på midtre bryterpanel eller instrumentpanel er relativ lav med prosentandeler på 1.7% og 0.3%. Som omtalt tidligere er det få som bruker fysiske knapper på midtre bryterpanel.

Tabell 16: Prosentandel fikseringer ved valg av radiokanal under kjøring (n=26).

Prosentandel fiksering	Gjennomsnitt andel	Standardavvik
Veg og trafikk	40.2%	11.7
Berøringsskjerm	38.2%	11,2
Instrument panel	0.3%	0.7
Midtre bryterpanel	1.7%	2.1

I figur 19 nedenfor er fremstilt den prosentvise fordelingen mht. hva førerne fikserer på under betjeningen av berøringsskjerm ved valg av kanal P10 Country.



Figur 19: Prosentandel fordeling av fiksering ved valg av radiokanal P10 Country under kjøring (n=26).

Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid

Tabell 17 viser forskjellen mellom oppmerksomhet på veg, trafikk, og berøringsskjerm.

Gjennomsnittlig ble det brukt 30.8 fikseringspunkter på berøringsskjerm (SD=20.1) med en varighet på 375.1ms (SD=86.7). Den totale tiden brukt på berøringsskjerm er gjennomsnittlig på 11.2s (SD=7.7) som viser en relativ lik oppmerksomhetsfordeling mellom vegen og skjermen.

Tabell 17: Antall, varighet og total tid av fiksering (n=26).

Fiksering	Antall		Varighet (ms)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Veg og trafikk	33.4	15.7	336.9	112.5
Berøringsskjerm	30.8	20.1	375.1	86.7
Fiksering	Total time (s)			
	Gjennomsnitt	Standardavvik		
Veg og trafikk	10.3	4.0		
Berøringsskjerm	11.2	7.7		

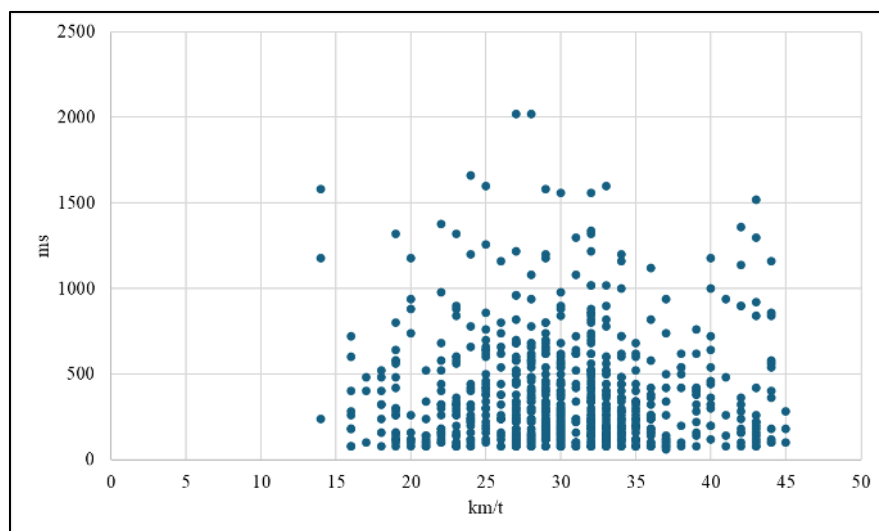
Tidsbruk på berøringsskjerm og kjørehastigheter

Tabell 18 viser at 74.8% av fikseringspunkter på berøringsskjerm varte under 500ms og 19.9% mellom 500ms og 1s. Totalt er det 28 punkter mellom 1s og 1.5s, 8 punkter mellom 1.5s og 2.0s og to punkter over 2s. Totalt ble det registrert 801 fikseringspunkter for 26 deltakere.

Tabell 18: Antall fiksering og fikseringstid på berøringsskjerm.

Fikseringstid	Antall	Prosent
0 – 500 ms	603	74.8%
500 – 1000 ms	160	19.9%
1000 – 1500 ms	28	3.0%
1500 – 2000 ms	8	1.8%
Over 2000 ms	2	0.4%
Totalt	801	100.0%

Figur 20 viser 801 fikseringspunkter på berøringsskjerm med hastigheter mellom 15 km/t og 45 km/t når førerne gjennomfører oppgaven å velge kanal P10 Country. Hastighetene var 27km/t og 28km/t for to av førerne mens oppmerksomheten var rettet mot skjermen i over 2sekunder.



Figur 20: Fikseringstider på berøringsskjerm og kjørehastigheter ved valg av kanal P10 Country (n=801).

Figur 20 viser at de fleste har varighet på fikseringer som er under 500 millisekunder (0,5 sekund).

3.3.4 Oppsummering

Det var 26 testpersoner (førere) som ble analysert. Displayet og skjermbildet er oversiktlig med tydelige symboler mht. å finne en app som leder deg til en musikkplattform. Det viktigste var å analysere hvor lang tid de brukte og oppmerksomhetsfordelingen mht. hvor mye de så på henholdsvis trafikken og skjermen.

- Fikseringstiden i gjennomsnitt for å løse oppgaven og finne radiokanalen de ønsket tok i snitt 22.1 sekunder.
- Av denne tiden ble 10,3 sekunder brukt til å fikse de trafikale omgivelsene og 11,2 sekunder til å fikse på berøringsskjermen.
- I løpet av de 10,3 sekundene var det i snitt 33 fikseringer mot trafikken og i løpet av de 11,2 sekundene i snitt 31 fikseringer på berøringsskjermen.
- I snitt var varigheten på en fiksering 0,3 sek. mot trafikken og 0,4 på berøringsskjermen.
- I tillegg kommer 3,6 sekunder der førerne i snitt har 83 sakkader hvilket er ca. 43ms per sakkade. Det betyr at det er mange skiftninger mellom trafikken og skjermen, men mange av sakkadene kan være på berøringsskjermen eller innen trafiksituasjonen.
- Av de totalt 801 fikseringene på berøringsskjermen var 75 % under 0,5 sekund og 20 % mellom 0,5 – 1 sekund.
- Hastighetene varierte mye mellom førerne i 40-sonen der de fleste kjørte i 25-35 km/t.

Når førerne skulle søke etter radiokanal som de fikk oppgitt kjørte de i en 40-sone der det var lite trafikk og god oversikt. Det er lett å lese skjermen mht. informasjon om hvor radiokanalene er, men det krever konsentrasjon å lete seg frem gjennom menyen oversikten til radiokanalene og begynne søkingen (scrolle). Føreren må koordinere «hjerne-øye-hånd» for å utføre oppgaven og visuelt identifisere kanalen ved å lese teksten. Antall fikseringer på skjerm er mange og korte, videre at det er mange sakkader som tyder på mange vekslinger mellom trafikken og berøringsskjermen. Kjøreprosessen belastet mye gjennom så mange skiftninger (switcher) mellom dels trafikk/skjerm, men trolig også ved at førerne følger opp med flere fikseringer og sakkader på berøringsskjermen under søkingen etter radiokanalen. Dette vil kunne føre til en negativ påvirkning av kjøreprosessen med redusert presisjon i kjøringen og det å være oppdatert på den trafikale konteksten. Under testkjøringen var den trafikale konteksten relativ enkel å predikere mht. «hva kan skje, hvor, når og hvordan».

3.4 Navigasjon

3.4.1 Oppgave

Figur 21 Oppgaven med å taste inn en adresse i navigasjonssystemet starter på Stokmovegen i Stjørdal sentrum med en fartsgrense 30km/t fra rundkjøring. Vegen har 4 gangfelt i sentrum og et gangfelt ved enden av gata før føreren svinger til venstre inn i Ole Vigs gate. Figur 9 viser vegen med omtrent hvor instruksjonene ble gitt til føreren. Dataanalysen starter med instruksjonen og slutter etter at føreren la hånden tilbake på bilrattet.



Figur 21: Gateområdet hvor førerne ble bedt å taste en adresse i navigasjonssystemet.

3.4.2 Kalibrering av data

Tabell 19 viser prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne når de har tastet adressen, Wessels gate i navigasjonssystemet på skjermen. Totalt hadde 6 førere veldig lav prosentandel blikkpunkter med under 80% og 9 førere hadde en prosentandel mellom 80 og 90%. For analysen, ble 29 førere tatt i bruk med en prosentandel over 90%. Dette området skiller seg fra de andre tre ved at kjøringen skjer i et sentrum med mye trafikk av både gående, syklende og motoriserte kjøretøy.

Tabell 19: Prosentandel blikkpunkter for alle deltakerne.

										≤ 60% (n=2)
										60-69.9%
										70-79.9%
										80-89.9%
										90-100%
D001	91.7%	D011	99.0%	D021	98.6%	D031	98.6%	D041	92.7%	
D002		D012	90.6%	D022	99.1%	D032	95.2%	D042	90.2%	
D003	98.1%	D013	70.0%	D023	95.1%	D033	75.1%	D043	89.4%	
D004		D014	99.4%	D024	90.3%	D034	97.1%	D044	97.7%	
D005	85.9%	D015	97.0%	D025	94.0%	D035	88.7%			
D006	98.5%	D016	94.7%	D026	94.7%	D036	67.8%			
D007	89.4%	D017	98.9%	D027	86.2%	D037	96.4%			
D008	96.6%	D018	90.3%	D028	89.4%	D038	84.4%			
D009	95.0%	D019	94.1%	D029		D039	96.6%			
D010		D020	96.2%	D030	89.1%	D040	92.0%			

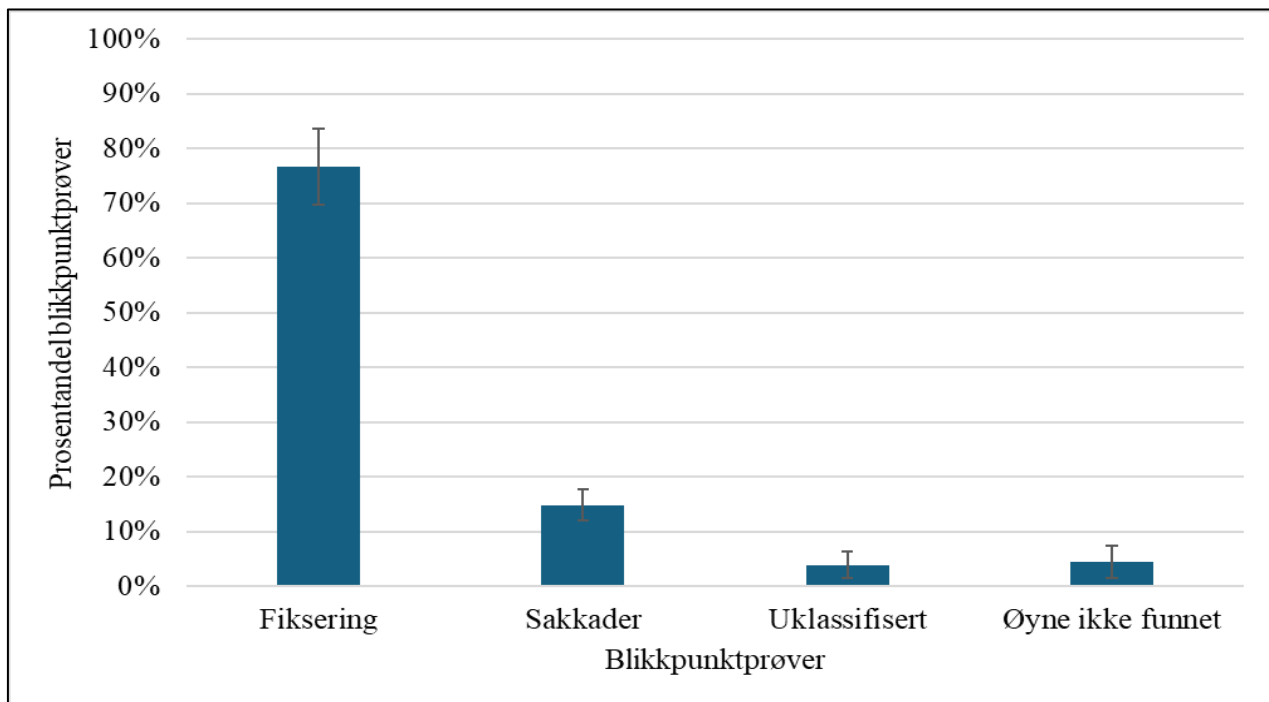
3.4.3 Oppmerksomhetsfordeling

Blikkpunkter

Tabell 20 og Figur 22 viser prosentandel blikkpunkter ved å taste adressen på skjermen. Fiksering på interesseområdene hadde en prosentandel blikkprøver på 76.6% (SD=6.9). Sakkader hadde en andel på 14.9% (SD=2.9). Systemet kunne ikke presist nok registrere data i 3.9% (SD=2.5) og i 4.5% av tiden kunne ikke systemet finne øynene.

Tabell 20: Prosentandel blikkpunkter ved tasting av adresse i navigasjonssystemet under kjøring (n=29).

Prosentandel blikkpunkter	Gjennomsnitt andel	Standardavvik
Fiksering	76.6%	6.9
Sakkader	14.9%	2.9
Uklassifisert	3.9%	2.5
Øyne ikke funnet	4.5%	3.0
Totalt	100%	



Figur 22: Blikkpunkter ved å taste adresse ved bruk av navigasjonssystemet under kjøring (n=29).

Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid

Tabell 21 viser blikkpunktdata (i.e., Fiksering, sakkader, uklassifisert, øyne ikke funnet), antall blikkpunkter og gjennomsnittlige totaltider brukt for å taste adresse i navigasjonssystemet.

I gjennomsnitt krever oppgaven 104.3 fikseringspunkter (SD=39.9) med en gjennomsnittlig total tid på 33.5s (SD=14.4). Varighet av fikseringspunkter er gjennomsnittlig 325.8ms (SD=71.3).

I tillegg ble det brukt i gjennomsnitt 154.9 sakkader (SD=76.0) mens førerne gjennomførte tastingen. Varighet av sakkader hadde et gjennomsnitt på 42.8ms (SD=5.8). Den totale tiden er derfor kort og på 6.5s (SD=2.9).

Tabell 21: Antall blikkpunkter, varighet og total blikkpunkttid ved tasting av adresse.

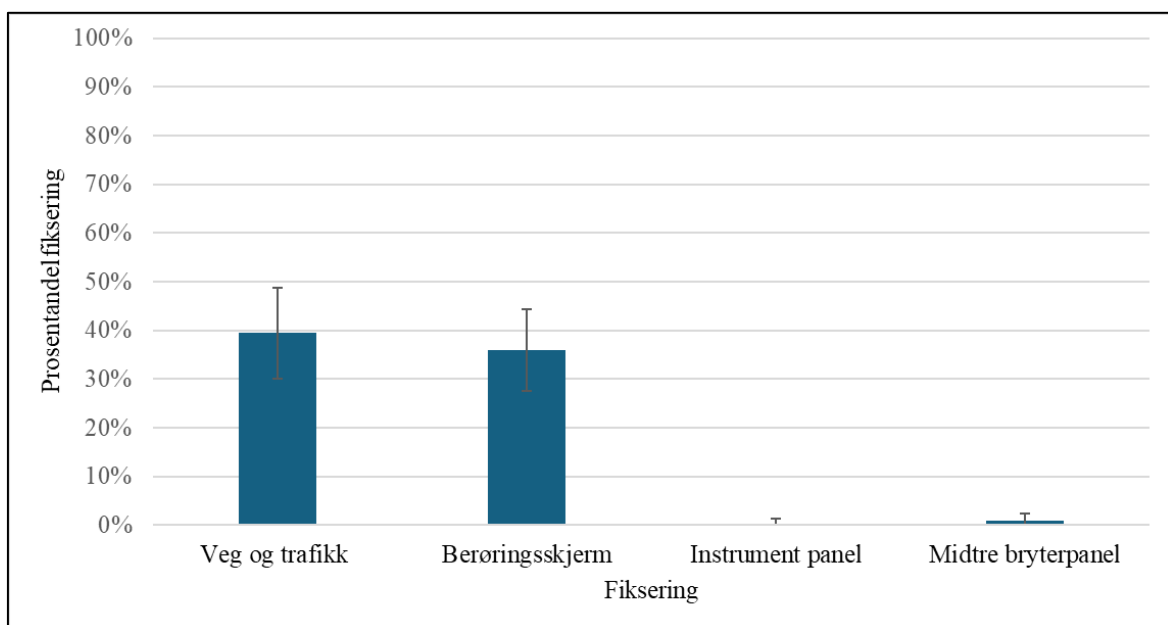
Blikkpunkter	Antall		Varighet (ms)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Fiksering	104.3	39.9	325.8	71.3
Sakkader	154.9	76.0	42.8	5.8
Uklassifisert	53.1	45.8	33.3	3.9
Øyne ikke funnet	39.5	33.9	54.7	24.9
Blikkpunkter	Total tid (s)			
	Gjennomsnitt	Standardavvik		
Fiksering	33.5	14.4		
Sakkader	6.5	2.9		
Uklassifisert	1.7	1.4		
Øyne ikke funnet	2.0	1.6		

Fikseringer

Tabell 22 og Figur 23 viser prosentandel fikseringspunkter ved å bruke navigasjonssystemet under kjøring. Prosentandel fikseringer på veg og trafikk er gjennomsnittlig på 39.5% (SD=29.8) og 36.0% på berøringsskjerm (SD=17.6). Oppmerksomhet på midtre bryterpanel eller instrument panel er relativ lav med en prosentandel på 0.8% og 0.3%. (figur 23).

Tabell 22: Prosentandel fikseringer ved tasting av adresse i navigasjonssystemet under kjøring (n=29).

Prosentandel fiksering	Gjennomsnitt	Standardavvik
Veg og trafikk	39.5%	29.8
Berøringsskjerm	36.0%	17.6
Instrument panel	0.3%	4.6
Midtre bryterpanel	0.8%	1.5



Figur 23: Prosentandel fordeling av fikseringer ved tasting av adresse under kjøring (n=29).

Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid

Tabell 23 viser forskjellen mellom oppmerksomhet på veg og trafikk, og berøringsskjerm. Gjennomsnittlig ble det brukt 41.0 fikseringspunkter på berøringsskjerm (SD=17.6) med en varighet på 400.8ms (SD=17.6). Den totale tiden brukt på berøringsskjerm er gjennomsnittlig 15.7s (SD=7.3) som viser relativt lik oppmerksomhetsfordeling mellom veien og skjermen.

Tabell 23: Antall fikseringer, varighet og total fikseringstid.

Fiksering	Antall		Varighet (ms)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik	Gjennomsnitt	Standardavvik
Veg og trafikk	61.4	29.8	289.7	29.8
Berøringsskjerm	41.0	17.6	400.8	17.6

Fiksering	Total tid (s)	
	Gjennomsnitt	Standardavvik
Veg og trafikk	17.3	9.5
Berøringsskjerm	15.7	7.3

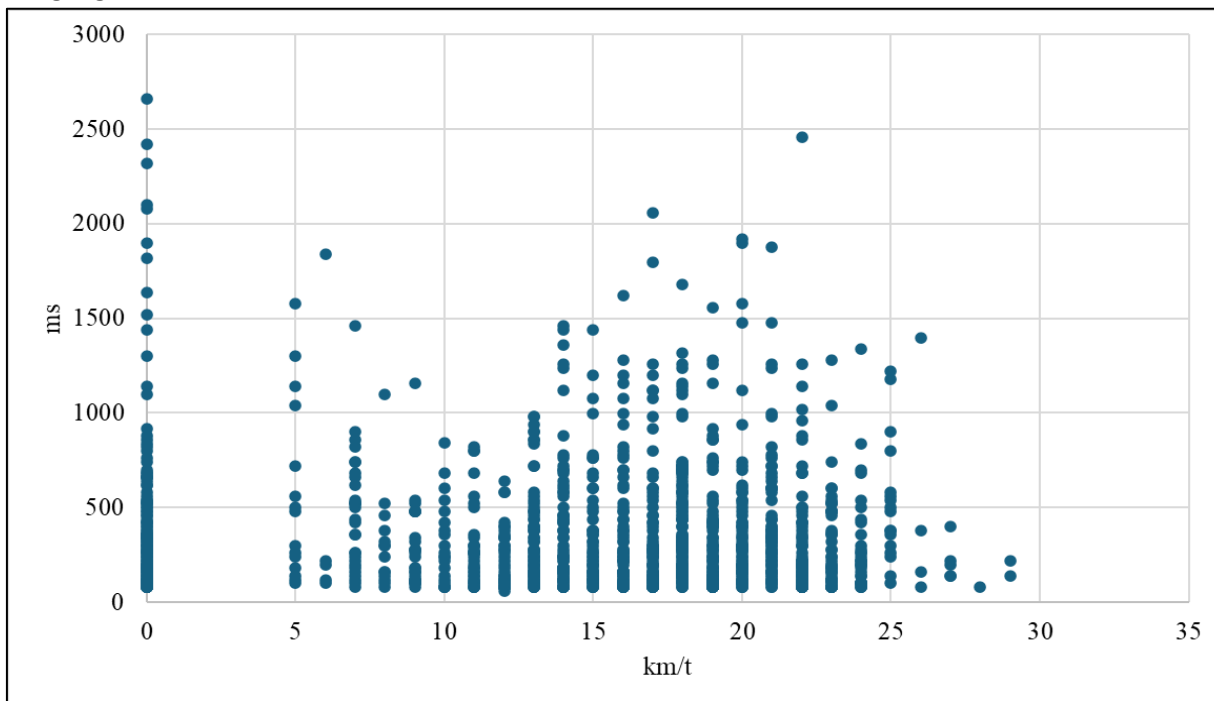
Tidsbruk på berøringsskjerm og hastighet

Tabell 24 viser at 73.0% av fikseringspunkter på berøringsskjerm varte under 500ms og 20.1% mellom 500ms og 1s. Totalt er det 52 punkter mellom 1s og 1.5s, 14 punkter mellom 1.5s og 2.0s og 7 punkter over 2s. 5 av disse punkter var da bilen ble stoppet. Totalt ble det registrert 1190 fikseringspunkter for 29 deltakere.

Tabell 24: Antall fikseringer og fikseringstid på berøringsskjerm.

Fikseringstid	Antall	Prosent
0 – 500 ms	892	73.0%
500 – 1000 ms	225	20.1%
1000 – 1500 ms	52	4.9%
1500 – 2000 ms	14	1.2%
Over 2000 ms	7	0.7%
Totalt	1190	100%

Figur 24 viser 1190 fikseringspunkter på berøringsskjerm med hastigheter mellom 5 km/t og 30 km/t når førerne gjennomførte oppgaven. Hastighetene var på 22 km/t og 17 km/t når to av førere hadde sine oppmerksomhet på skjerm over 2.4 og 2.1s. De andre fikseringspunktene over 2s skjedde da bilen stoppet foran gangfelt.



Figur 24: Fikseringstid på berøringsskjerm ved tasting av adresse og kjørehastigheter på strekning med fartsgrense 30km/t (n=1190).

Figur 24 viser at de fleste fikseringene er under og tett opp mot 500ms (0,5 s).

3.4.4 Oppsummering

Det var 29 testpersoner (førere) som ble analysert. Displayet og skjermbildet var oversiktlig med tydelige symboler mht. å finne en app som leder deg til oversikt på bokstaver som skal brukes til å taste adressen.

- Totaltiden i gjennomsnitt for å løse oppgaven med å slå inn en adresse var 43,7 sekunder hvorav 40 sekunder dannet basis for analysene.
- Av de 33,5 0 sekunder med fikseringstid var det i gjennomsnitt 17,3 sekunder på veg og trafikk, og 15,7 sekunder på berøringsskjem.
- Det var i snitt 61 fikseringer på veg og trafikk blant førerne og 41 på berøringsskjem.
- I snitt var varigheten på en fiksering 0,3 sek. mot trafikken og 0,4 på berøringsskjermen.
- I tillegg kommer 6,5 sekunder med sakkader som var i et antall på 104 med en varighet i snitt på 42 ms. Det betyr at det er mange skiftninger mellom trafikken og skjermen, men mange av sakkadene kan være bare på berøringsskjermen eller innen trafikksituasjonen.
- Av de totalt 1190 fikseringene på berøringsskjermen var 73 % under 0,5 sekund og 20 % mellom 0,5 – 1 sekund.
- Hastighetene varierte mye mellom førerne i 30-sonen der de fleste kjørte imellom 10-20 km/t. Trafikkbildet førte til mange stopp (fotgjengere i gangfelt) vikeplikt og generelt rolig tempo og krevende kombinasjon av å taste adresse og samtidig kjøre.

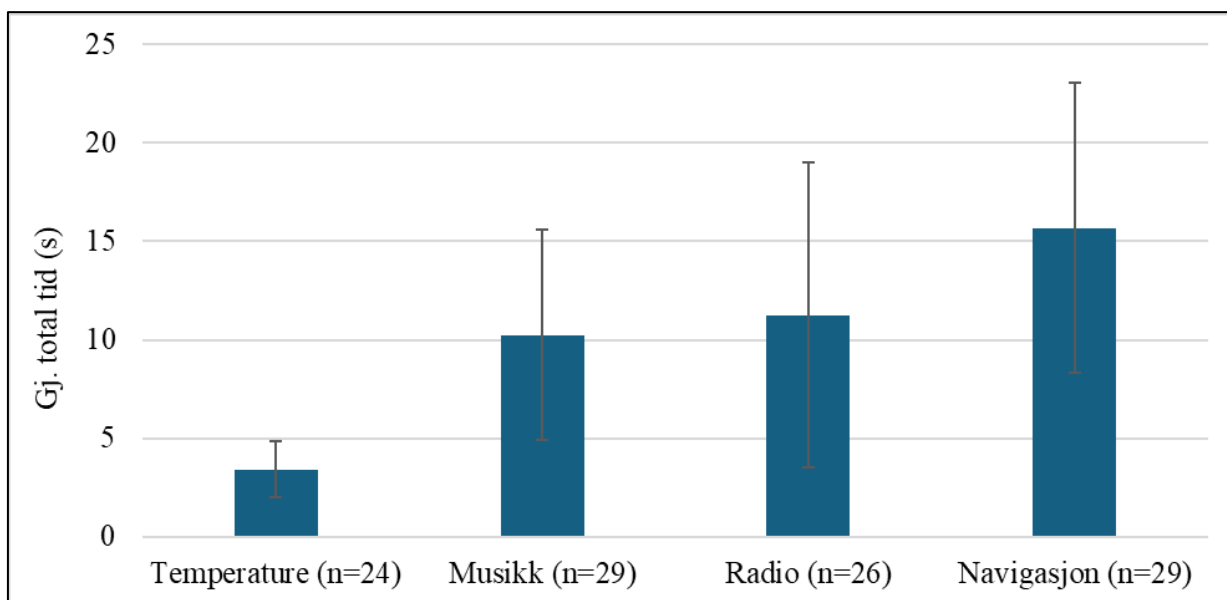
Når førerne skulle taste adresse kjørte de i en 30-sone der det var variert trafikk, lite trafikk og redusert oversikt. Det er lett å lese skjermen mht. informasjon om display med bokstaver hvor føreren skulle taste inn en adresse. Dette krever høy konsentrasjon både mht. motorisk utførelse og bruk av arbeidsminne for å stave adressen riktig. Føreren må koordinere «hjerne-øye-hånd» for å utføre oppgaven og visuelt identifisere bokstavene i adressen ved å lese teksten og visuelt kontrollere pekefingeren under tastingen på riktig bokstav. Antall fikseringer på skjerm er relativt lange med snitt på 0,4 sekunder. Det indikerer at føreren må både se at det er riktig bokstav og deretter taste riktig. Dette er en meget krevende oppgave, i tillegg til selve kjøringen, som sterkt påvirker kjøreprosessen. Den utsettes for en belastning gjennom så mange skiftninger (switching) mellom dels trafikk/skjem, men trolig også ved at førerne følger opp med flere fikseringer og sakkader på berøringsskjermen for å fullføre tastingen av adressen. Dette påvirker kjøreprosessen klart i negativ retning med redusert presisjon i kjøringen og det å være oppdatert på den trafikale konteksten og prestasjonen knyttet til «hva kan skje, hvor, når og hvordan».

3.5 Sammenligning av oppgaver

3.5.1 Tidsbruk på berøringsskjem

Figur 25 viser at å endre innetemperatur i bil er minst utfordrende med en gjennomsnittlig totaltid på berøringsskjem på 3.4s (SD=1.4). Å taste en adresse i navigasjonssystemet er mest utfordrende med en gjennomsnittlig totaltid på 15.7s (SD=7.3). De gjennomsnittlige tidene for å velge et musikkstykke på en musikkplattform og for å velge radiokanalen P10 Country er 10,3s (SD=5.4) og 11,2 s (SD=7.7).

Det er tydelig forskjell mellom førere når det gjelder å utføre oppgavene. Etter å ha mottatt instruksjonene kan det ta litt tid før førere starter oppgaven. Noen ganger ser de også på skjermen flere ganger uten å berøre den. De kan lete etter appen de skal bruke for å løse oppgaven. Det var også noen ganger vanskelig å hente den visuelle informasjonen på skjermen på grunn av krevende trafikksituasjon; dette betyr at de kan ha sett på skjermen uten å registrere innholdet mht. å løse oppgaven. Å se på skjermen blir ikke alltid fulgt av en handling. Alle fikseringspunkter er ikke nødvendigvis relevante da føreren ubevisst ofte flytter blikket og at blikkpunktene og fikseringene ikke er en konsekvens av en plan og presise prediksjoner. For eksempel etter å ha fullført en oppgave, tiltrekkes blikket fortsatt av skjermen i en viss periode.



Figur 25: Total tidsbruk på berøringsskjem ved gjennomføring av oppgaver.

Når de starter en oppgave, øker oppmerksomheten på skjerm raskt, spesielt hvis trafikksituasjonen ikke krever stor oppmerksomhet. Når det ikke er trafikk, kan andel fikseringer mellom veg og skjerm være 50:50. Å kjøre i by med passering av 4 gangfelt og samtidig bruke navigasjonssystemet var den mest stressende og krevende oppgaven å gjennomføre for førerne. Dette gjaldt også for å kontrollere kjørehastighet med mange trafikanter i omgivelsene på og langs vegen.

Førerne måtte taste bokstavene, «Wessels veg» og det var vanskelig å skrive dem riktig første gang. Figur 26 viser skjermen for to oppgaver, å bruke navigasjonssystemet og øke innetemperatur. Kravet til presisjon er størst når fører ved bruk av pekefinger skal aktivere en bokstav etter tur sammenlignet med en noe grovere «hjerne-øye-hånd/finger» koordinasjon ved justering av temperatur.

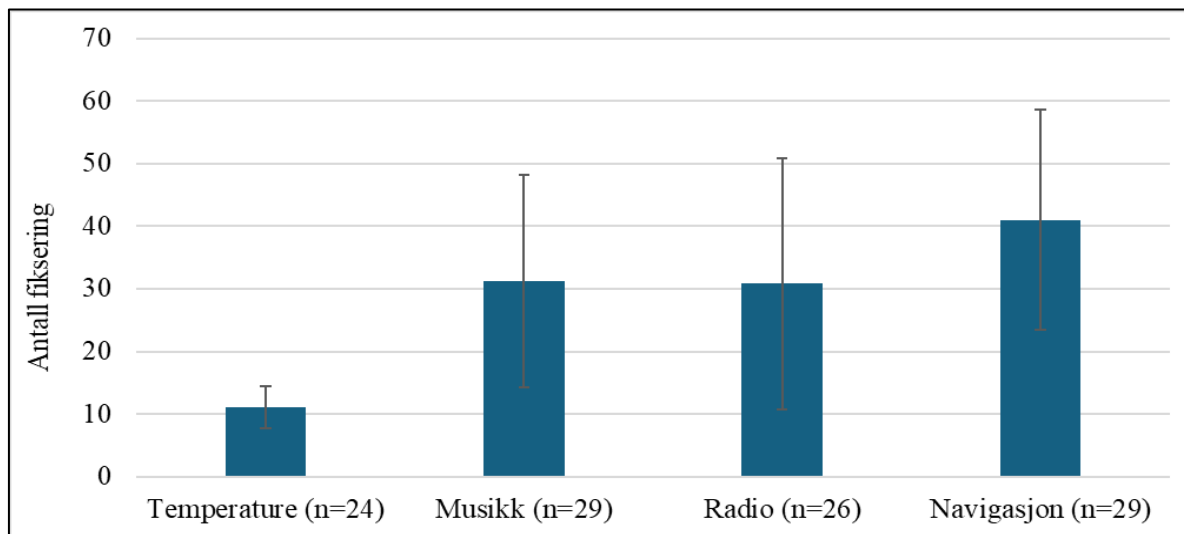


Figur 26: Skjermen for to oppgaver, å bruke navigasjonssystemet og øke innetemperatur.

Det er mest belastende å taste inn en adresse under kjøring i tett trafikk. Derfor vil det også ta lengre tid på grunn av kravet til presisjon mht. å treffe riktig bokstav og flere tastinger på skjermen og samtidig observere og oppfatte trafikksituasjonen. Kjøreprosessen må hele tiden kombinere bruken av navigasjonssystemet (gjennomsnitt=15.7s og SD=7.3) relatert til den trafikale konteksten (gjennomsnitt=17.3s og SD=9.5).

Minst tid brukte førerne ved justering av innetemperaturene (gjennomsnitt=9.2 og SD=4.7). Når det gjelder de to andre oppgavene med å velge en sang (gjennomsnitt=12.5 og SD=7.2) og å bytte radiokanalen (gjennomsnitt= 10.3 og SD=4.0), ble resultatene ganske like. Noen førere måtte vente på å begynne å fullføre oppgaven på grunn av gangfelt eller annen trafikk. Flere bruker anledningen til å bremse og stoppe for å fullføre oppgaven (e.g., skrive adressen). Å bruke navigasjonssystemet og taste inn en adresse krevde et høyt antall sakkader, 154.9 (SD=76.0), sammenlignet med temperaturoppgaven, 40.9 (SD=16.9), musikk, 83.7 (SD=52.0), radio, 83.4 (SD=45.8).

Figur 27 viser at oppgaven med navigasjonssystemet krevde et høyere antall fikseringspunkter (fikseringer) på berøringsskjem, 41.0 (SD=17.6) enn for oppgaven med å øke temperatur, 11.1 fikseringspunkter (SD=3.4). De to oppgavene, musikk og radio hadde et lignende antall fiksering, 31.2 punkter (SD=16.9) og 30.8 punkter (SD=20.1). Det var ikke så lett for å velge en musikk sang eller å finne ut hvor P10 Country finnes i systemet. Selv om listen med radiokanaler er i alfabetisk order, ble flere førere forvirret når de søkte i listen.



Figur 27: Antall fiksering på berøringsskjerm ved gjennomføring av oppgaver.

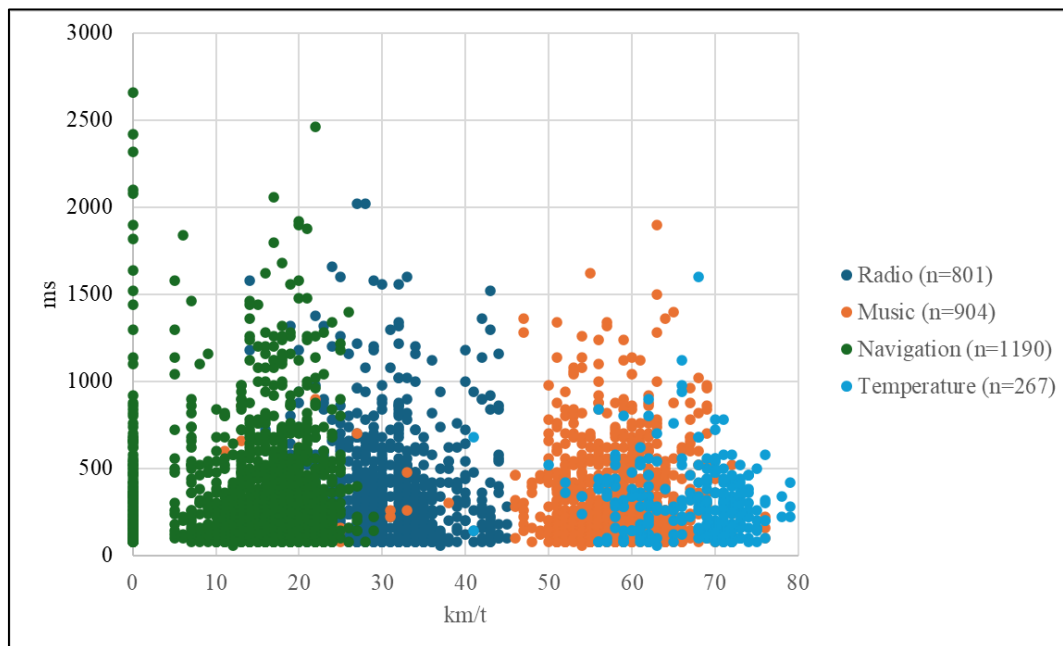
I tillegg kunne noen førere berøre skjermen på feil sted, f.eks. å trykke på «start» flere ganger for å øke lyden eller åpne feil app. Noen sjåførere brukte knappene på midtbryterpanelet. De fleste av sjåførene valgte å rulle listene på skjermen med fingrene. De fleste førere holdt hånden foran skjermen når de så tilbake på trafikken for å være forberedt til neste berøring. De hadde også flere strategier for å stabilisere hånden (med å legge hånden på skjerm og bruke tommelen eller med å krysse to fingre med hverandre).

3.5.2 Fikseringstid

Alle 4 oppgaver ble gjennomført med forskjellig fartsgrense på strekningene. Tabell 25 og Figur 28 viser alle fikseringspunkter for alle 4 oppgavene samlet. Noen førere reduserer hastigheten når de berører skjermen, men de fleste hadde en uendret hastighet. Førere hadde ikke så mye oppmerksomhet rettet mot instrumentpanelet eller fysiske funksjonsknapper på midtbryterpanelet.

Tabell 25: Prosentandel av fikseringstid på berøringsskjerm.

Tidsbruk på skjerm	Antall	Prosentandel
>= 2000ms	9	0.3%
1500-1999	25	0.8%
1000-1499ms	105	3.3%
500-999ms	580	18.3%
0-499ms	2443	77.3%
Totalt	3162	100%



Figur 28: Fikseringstid på berøringskjerm ved gjennomføring av oppgaver.

Lange fikseringer (over 2 sekunder) bort fra vegen og trafikken er korrelert med økt ulykkesrisiko:

“Scientific evidence shows that glances away from the windscreen that last longer than two seconds are linked to a doubling of the risk of a collision.” (ETSC basert på Dingus, et al., 2006)

Teori for okklusjonstesting antar at hver gang en fører ser bort fra veien, blir de første ca. 0.5 sekundene brukt på å flytte øynene fra vegbanen til objektet som blir sett på. Som et resultat brukes bare 1.5 sekunder av 2.0 sekunders blick til å se på objektet. Testmetoden kan også brukes for kjøretøyskjermer for å evaluere om føreren kan fullføre en oppgave, i en serie på 1.5 sekunders fiksering med en kumulativ total lukkeråpningstid brukt bort fra veien på ikke mer enn 9 sekunder (TSOT, Total Shutter Open Time). TSOT/TEORT (Total Eyes-Off-Road Time) resulterer i en faktor på 75 prosent hvor TEORT er 12 sekunder.

National Highway Traffic Safety Administration i USA (NHTSA) anbefaler at slike enheter utformes slik at oppgavene kan utføres ved at:

1. Blikket i gjennomsnitt ikke er borte fra veg og trafikk mer enn to sekunder.
2. 85 prosent av førerens fikseringer på skjermen skal ikke overskride 2 sekunder og samlet fikseringstid bort fra veien må ikke overskride 12 sekunder (TEORT: Total Eyes-Off-Road Time).

General Vehicle Safety Regulation – Advanced Driver Distraction Warning System: ADDWS overvåker førerens øyebevegelser og advarer førere når de blir uoppmerksomme. Alle nye biltyper måtte utstyres med systemet fra 2022 og alle nye biler fra 2024. Advarsel sendes mht. langvarige distraksjoner (f.eks. over 3,5 sekunder, over 50km/t).

EURO NCAP – Driver Monitoring System: Fra og med januar 2023 er det nødvendig å ha DMS som overvåker førerens tilstand for å motta en femstjerners rangering fra Euro NCAP. Euro NCAP belønner også med poeng for å gjenkjenne døsighet, mikrosøvnhendelser og førersvikt og oppdage flere korte typer distraksjoner over 20km/t):

Euro NCAP’s protocol defines it as a cumulative 10 seconds of looking away from the road within a 30-second window, where a driver does not return their gaze to the road for a minimum of 2 seconds.

Teknologier som tilfredsstiller både GSR- og Euro NCAP-kravene kan fungere side om side i samme kjøretøy.

3.5.3 Oppsummert sammenligning av hvordan oppgavene ble løst

Resultatene viser at:

1. Alle førere har i gjennomsnitt hatt fikseringer vekk fra veien under 1.5s for alle 4 oppgavene.
2. Det er få førere som hadde fiksert vekk fra veien i over 1.5s (Figur 28)
 - Temperatur: 1 fører hadde en fiksering over 1.5s.
 - Radio: 8 førere hadde 10 fikseringer over 1.5s.
 - Musikk: 2 førere hadde 2 fikseringer over 1.5s.
 - Navigasjon: 12 førere som hadde 21 fikseringer over 1.5s. I 9 tilfeller ble bilen stoppet.

Alle førere hadde 85 prosent av fikseringstiden borte fra veien i mindre enn 2s.

Når det gjelder samlet tid brukt på å se bort fra kjørebanelen, er det:

- Ingen av førerne brukte en totaltid på skjerm over 9s ved å øke innetemperatur under kjøring
- 14 av 26 førere brukte en totaltid på skjerm over 9s (14 førere over 12s) ved å velge radiokanalen under kjøring
- 15 av 29 førere brukte en totaltid på skjerm over 9s (8 førere over 12s) ved å velge en sang under kjøring
- 25 av 29 førere brukte en totaltid på skjerm over 9s (16 førere over 12s) ved å taste adresse under kjøring.

Siden vi ikke tok i betraktning sakkader (øyebevegelser) som kunne ha skjedd mellom fikseringspunktene, sammenligner vi resultatene med den totale lukkeråpningstiden (TSOT) på 9 sekunder.

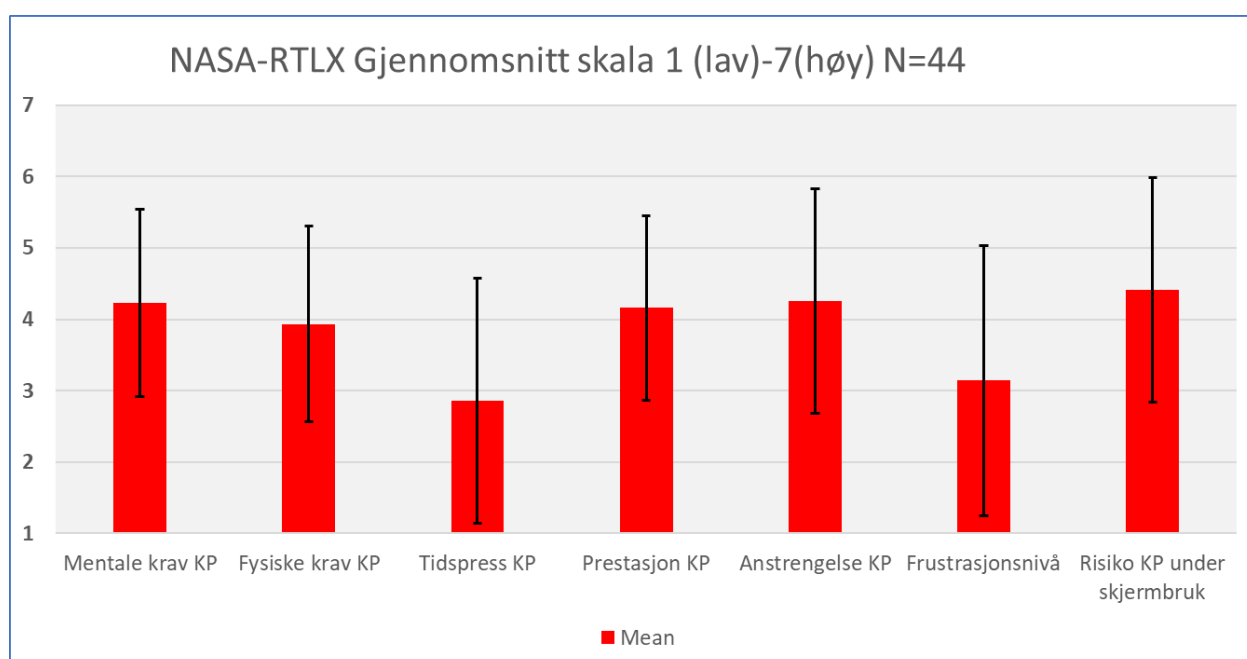
4 Resultater – NASA RTLX og Opplevd risiko

Etter avsluttet kjøring fylte testpersonene ut to spørreskjemaer:

- NASA-RTLX relatert til stressbelastning
- Opplevd risiko relatert til oppmerksomhetsfordeling

4.1 NASA-RTLX – stressbelastning

Testpersonene fylte ut et evalueringsskjema umiddelbart etter kjøringen der de skulle gi uttrykk for stressbelastningen knyttet til kombinasjonen av å kjøre bil og utføre oppgavene på skjerm. Skalaen er fra 1 (lav belastning) til 7 (høy belastning).

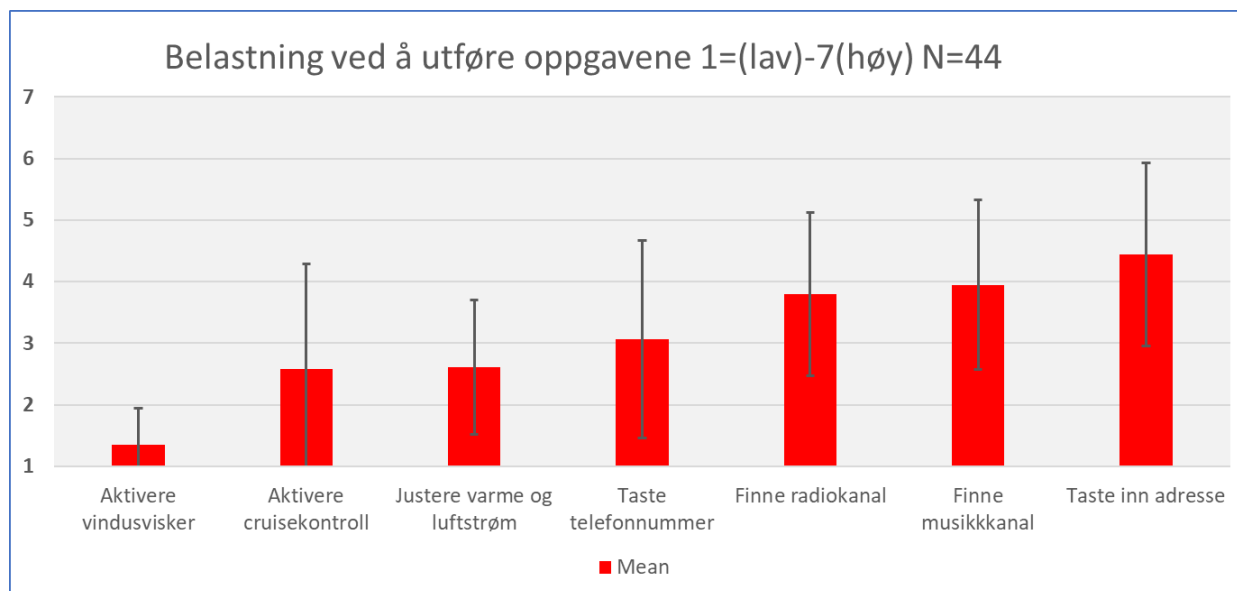


Figur 29: Testpersonenes vurdering av stressbelastning under utførelsen av oppgavene under kjøring (N=44).

Figur 29 viser at gjennomsnittet er på rundt 4 bortsett fra på tidspress og frustrasjonsnivå som begge er på ca. 3. Stolpen lengst til høyre er ikke en del av NASA-RTLX, men tatt med her som en direkte relasjon til hvordan skjermbruk påvirket KP (Kjøreprosessen). Det er stor spredning i svarkategoriene som indikerer store og tydelige forskjeller i opplevd stress. Resultatene fra hvordan førerne løste oppgavene mht. tidsbruk, antall fikseringer og sakkader, viser en meget stor spredning som også vil gjenspeile seg i evalueringen her. Vurderingene testpersonene gir uttrykk for viser at skjermbruk under kjøring utgjør en betydelig kognitiv belastning kombinert med affektive (emosjonelle) reaksjoner

4.2 Oppmerksomhetsfordeling mellom skjerm og trafikk

Testpersonene fikk under kjøringen oppgaver de skulle løse ved å bruke touchskjermen. Etter at kjøringen var avsluttet fylte de umiddelbart ut et evalueringsskjema om hvor vanskelig det var mht. oppmerksomhetsfordeling mellom trafikk og skjerm som vil påvirke kjøreprosessen (KP).



Figur 30: Belastning mht. oppmerksomhetsfordeling mellom trafikk og skjerm (N=44).

I figur 30 ser vi at det å taste inn en adresse mens de kjører og finne musikk-kanal er det oppleves som mest krevende og belastende. Til sammenligning er det å slå vindusvisker på/av enklest og som gjennomføres med hendene på rattet. Justering av varme og luftstrøm oppleves også mindre krevende. Aktivisering av adaptiv cruisekontroll (ACC) får også en lav score. Det kan skyldes at mange valgte å ikke aktivere ACC da de visste at de ikke kunne bruke den. De som aktiverte ACC, hadde gjort det ofte tidligere og mestret oppgaven. Det er stor spredning på testpersonenes opplevelser og vurderinger av oppgavene, hvilket indikerer store forskjeller i evnen til å bruke touchskjerm under kjøring. Dette kan skyldes manglende erfaring med bruk av berøringsskjerm i bil.

Basert på resultatene i figurene 29 og 30, vil det å betjene skjermssystemet, som ble brukt i dette prosjektet, utgjøre en betydelig kognitiv tilleggsbelastning. Det vil påvirke den primære kjøreoppgaven og kjøreprosessen ved at oppmerksomhetsfordelingen blir sterkt belastet gjennom stadig å skifte (switche) mellom vegmiljøet og skjermbildets brukergrensesnitt.

5 Oppsummering og konklusjon

I denne rapporten har vi gjennomført en studie av oppmerksomhetsfordeling med 44 personer som skulle betjene en berøringsskjerm under kjøring. Testpersonene skulle utføre forskjellige oppgaver som å søke opp radiokanal, musikkstykke, justere innetemperatur i bilen og taste inn adresse. Resultatene bidrar til å svare på problemstillingene som ble nevnt i rapportens innledning:

5.1 Tidsbruk fikseringer veg-trafikk og berøringsskjerm

Hvor lang tid tar det å gjennomføre ulike oppgaver i skjermssystemet og i hvor lange tidsperioder har førerne rettet blikket bort fra trafikksituasjonen?

- Resultatene viser at førerne brukte færre fikseringer og bruk av finger/hånd under justeringen av innetemperatur i bil med bruk av berøringsskjerm, og en slik oppgave er relativ enkel å utføre. Den gjennomsnittlige fikseringstiden for å utføre oppgaven er 3.4s på skjermen og 9.2s på vei og trafikk (Tabell 5).
- Å velge en sang på musikkplattformen og velge radiokanalen som heter P10 Country krevde samme gjennomføringstid og fiksering på berøringsskjermen, 10-11s. (Tabell 11 og Tabell 17). Den totale fikseringstiden ved valg av en sang er i gjennomsnitt 23,5 sekunder. Førerne brukte i gjennomsnitt 12,3 sekunder på vei og trafikk og 10,3 sekunder på skjermen. Den totale fikseringstiden ved valg av radiokanal er i gjennomsnitt 22,1 sekunder. Førerne brukte i gjennomsnitt 10,3 sekunder på vei og trafikk og 11,2 sekunder på skjermen.
- Å taste adressen i navigasjonssystemet var mest utfordrende og krevende med lengre fikseringer. Den gjennomsnittlige fikseringstiden brukt til å se på berøringsskjermen var 15.7s for å klare å skrive inn hele adressen i systemet. Det er høyere enn for de tre andre oppgavene. Førerne har vært distrauert av skjermbruken over en lengre tid. (Tabell 23). Fikseringstiden var i gjennomsnitt 17.3 sekunder på vei og trafikk.
- Testen med NASA-RTLX beskriver førernes evaluering av opplevd vanskegrad og stress. Å betjene skjermssystemet påvirker negativt den primære kjøreoppgaven og kjøreprosessen. Oppmerksomhetsfordelingen blir sterkt belastet gjennom stadig å skifte (switche) mellom vegmiljøet og skjermbildets brukergrensesnitt.
- Førerne har blitt distrauert av skjermen spesielt ved bruk av navigasjonssystemet. NASA-TLX viser at de er klar over risikoen med å skrive inn en adresse i navigasjonssystemet. (Figur 30)
- 77.3% av 3162 fikseringspunkter på berøringsskjerm varte under 0.5s, mens 18.3% varte mellom 0.5s og 1s. 105 fikseringspunkter varte mellom 1s og 1.5s. Selv om det er mye mindre antall fikseringspunkter mellom 1.5s og 2s, 25 punkter, og enda mindre over 2s, 9 punkter, øker risikoen for ulykken kraftig (Tabell 25).
- Å kjøre med en fart på 63km/t og se en tidsperiode vekk fra veien på 1.9s mens fører er opptatt med å bruke musikkplattformen, viser at føreren har kjørt over 30m uten å observere og rette oppmerksomheten primært mot trafikken.
- Å kjøre med en fart på 22km/t (6.1m/s) i byen, mens fører er opptatt med å taste adressen er å kjøre 12m uten å observere og rette oppmerksomheten primært mot trafikken. I 36% av fikseringstiden så førerne på berøringsskjermen og ikke mot de trafikale omgivelsene når de brukte navigasjonssystemet.
- De fleste førerne hadde uendret hastighet under utførelsen av oppgavene.
- Et problem er selvkontroll over tidsperiodene på skjerm, f.eks. burde førerne bruke hyppigere og kortere fikseringer i stedet for lange fikseringer. Dette kunne bidratt til en bedre bevissthet og

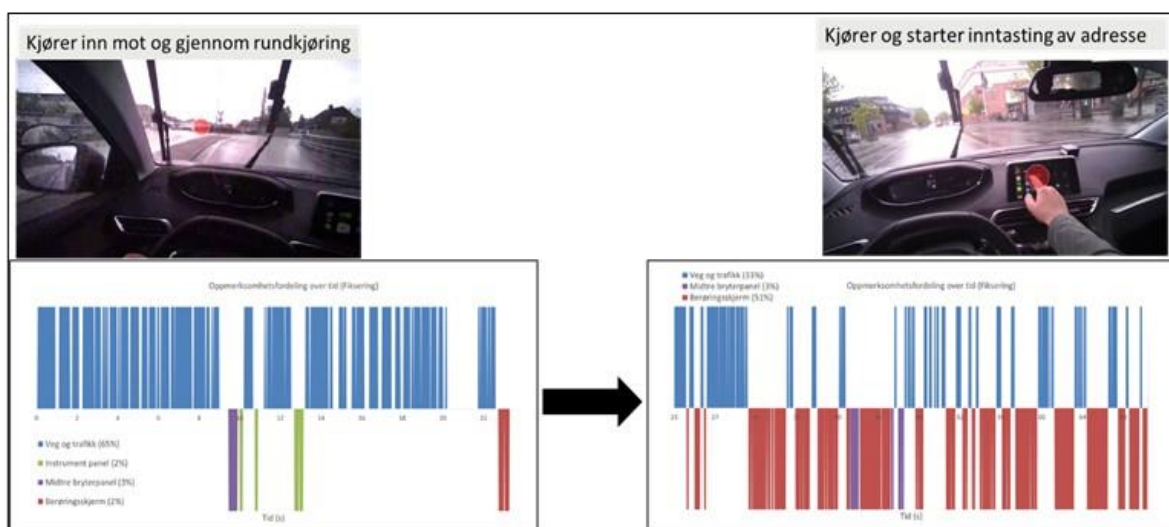
kontroll over hastighet. Brukergrensesnittet må være intuitive og ha enkle løsninger for å redusere behovet for lange sakkader.

- Når førere ikke observerer og er i utakt med den trafikale konteksten vil det raskt kunne oppstå konflikter med økt risiko for fare og sammenstøt med andre trafikanter.
- Problemet med lange fikseringer på berøringsskjermen under kjøring er at føreren og kjøreprosessen ikke er oppdatert på den endrede trafikale konteksten.

5.2 Analyse av fikseringer og sakkader under tasting av adresse

- I gjennomsnitt ble det brukt 41.0 fikseringspunkter på berøringsskjerm (SD=17.6) med en varighet på 400.8ms (SD=17.6) for navigasjonsoppgaven (Tabell 23).
- For radiooppgaven (Tabell 17), 30.8 fikseringspunkter på berøringsskjerm (SD=20.1) med en varighet på 375.1ms (SD=86.7).
- For musikkoppgaven (Tabell 11), 31.2 fikseringspunkter på berøringsskjerm (SD=16.9) med en varighet på 338.6ms (SD=98.2).
- For temperaturoppgaven (Tabell 5), 11,1 fikseringspunkter på berøringsskjerm (SD=3.4) med en varighet på 321.1ms (SD=136.4). Denne oppgaven krevde færre fikseringspunkter enn de andre oppgavene.
- Førerne har brukt gjennomsnittlig tre ganger mer fikseringspunkter for å velge en sang eller å bytte radiokanal enn for oppgaven med å øke temperaturen.
- Førerne ble mer opptatt av og fanget av skjermen når de brukte navigasjonssystemet og tastet adresse med et gjennomsnitt på antall fiksering som er 1.3 ganger mer enn for radio og musikk.

Figur 31 viser et eksempel på en fører som har tastet en adresse i byen og rekkefølge (mønster) av førerens øyebevegelser og fikseringer når de løser oppgaven. Til venstre, er fikseringspunkter før han/hun får instruksjonene og til høyre er fra han/hun har fått instruksjonene og til han/hun ble ferdig med oppgaven. Fikseringspunkter på «veg og trafikk» er i blå farge, på «berøringsskjerm» i rød, på «midtre bryterpanel» i fiolett, og på «instrumentpanel» i grønn. Det ble valgt et vilkårlig nummer +1 for «veg og trafikk» og -1 for andre typer fikseringspunkter. Resultater til venstre viser tydelig at under kjøring uten tasteoppgave rettet førerens sin oppmerksomhet på veg og trafikk, mens etter han fikk oppgaven (til høyre), har oppmerksomheten endret seg og skjermen har blitt hovedfokus.



Figur 31: Fører som bare fokuserer på trafikken og fører (høyre) som taster inn en adresse under kjøring.

Et sentralt og kritisk moment er hvor ofte føreren veksler mellom å observere i trafikken og se på skjermen under koordineringen av «hjerne-øye-hånd/finger» koordineringen som er krevende når adressen skrives bokstav for bokstav. Dette er et godt eksempel på at føreren må håndtere to forskjellige oppgaver og «fysiske landskap» som med stor sannsynlighet krever to veldig forskjellige kognitive kart som kalles remapping (Cognitive maps; O'Keefe, 1978; Sanders et al, 2020).

5.3 Kjøreprosess, skjermbruk og risiko.

Kjøreprosessen er en modell for analyse, forståelse og forklaring av kjøreatferd. Den beskriver hvordan kognitive- og perseptuelle prosesser, affektivitet og utførelsen av handlinger er integrerte med det mål å løse kjøreoppgaven med lavest mulig risiko. De grunnleggende spørsmålene føreren kontinuerlig må stille er:

Hva kan skje? Hvor? Når og Hvordan?

Føreren må vite «hvor han er og hvor han skal» i den aktuelle og stadig skiftende trafikale konteksten. Presise prediksjoner og oppdaterte kognitive kart over områdene han befinner seg i under kjøringen, utgjør det beste grunnlaget for sikker kjøring. Figur 31 viser en detaljert analyse av hvordan en av testpersonene gjennomførte sin kjøring i byen og samtidig tastet inn en adresse på berøringsskjermen.

Venstre del av bildet viser (figur 31-blå streker) at under kjøringen gjennom rundkjøringen der han skal ut venstre arm, er oppmerksomheten og fikseringene (blikkbruken) rettet mot annen trafikk. Etter rundkjøringen, startet føreren å taste inn en adresse mens han kjørte. Her kommer tydelig fram konflikten som oppstår når han skal både kontrollere trafikken og betjene skjermen for å taste inn adressen. De røde strekene er fikseringer føreren har på skjermen. Dette er et godt eksempel på den kognitive belastningen føreren opplever og må kontrollere:

Oppdatere: Arbeidsminne som hele tiden skifter innhold mellom veg, trafikk og skjermssystem, fører til endringer i og skifte av kognitive kart (remapping). Dette er krevende både med hensyn til energiforbruk og tidsforbruk.

Fleksibilitet: Førerens evne til å raskt tilpasse seg denne stadige skiftningen som krever at man ikke mister tidsopplevelsen. Mange vil miste tidsopplevelsen av betjeningen av skjermen samtidig som bilen beveger seg i trafikksituasjonen eller føreren veksler mellom stopp og start. Fleksibiliteten i oppmerksomhetsfordelingen er en kritisk faktor.

Inhibere: Føreren må prioritere riktig ved å stoppe eksempelvis tastingen av adressen, selv om han ønsker å fullføre de siste bokstavene. Videre handler det om selvregulering ved å ikke falle for fristelsen til å kombinere skjermbruk og kjøring. Mennesket er nysgjerrig av natur og lar seg lett distrahere.

Førernes kompetanse, erfaring, alder og evne til selvregulering innebærer en planlegging av når og hvordan føreren aktivt bruker bilens betjeningsorganer. For å kunne kjøre sikkert og effektivt må føreren ha høyt presisjonsnivå i sine prediksjoner som gir direkte føringer for hvordan han orienterer seg for å løse kjøreoppgaven.

Resultatene fra NASA-RTLX (figur 29) og opplevd vanskegrad og påvirkning av kjøreprosessen (figur 30) er i sterkt samsvar med resultatbildet fra analysene av målt oppmerksomhetsfordeling og blikkbruk. Et annet viktig moment er kjørerytmen på den strekningen føreren kjører mens han skal samtidig betjene berøringsskjermen.

Kjørerytmen kan endre seg slik at kjøreprosessen ikke håndterer samhandlingen med andre trafikanter mht. avstander og tidsluker på samme vis som når føreren ikke bruker berøringsskjermen.

Hvilke tiltak, veiledning eller nye designstandarder kan støtte førere og redusere potensialet for menneskelige feil i bruk av skjerm i bil?

Typen skjerm påvirker hvordan førere samhandler med den. Det handler ikke nødvendigvis om størrelsen, men mer om grensesnittdesignet og hvilke (og hvor mange) funksjoner som er tilgjengelige på skjerm. Det er i samsvar med hva ETSC har dokumentert, at mange viktige funksjoner er flyttet til berøringsskjerm og den risiko det innebærer.

Det er en risiko å overføre enkle funksjoner til noe inne i komplekse skjermmenyer. I 2026 vil bilprodusentene bli anbefalt til å bruke separate fysiske knapper for grunnleggende funksjoner (f.eks. blinklys, varsellys og vindusviskere). Det er fysiske knapper som kan brukes på en intuitiv måte, uten å rette blikket mot dem. Det vil begrense tiden blikket tas vekk fra vegen og derfor fremme sikrere kjøring (ETSC, 2024).

Forskning påpeker videre at stemmebaserte kommandoer krever mindre visuell distraksjon, men de løser ikke problemet med lange fiksering på skjerm. Bilprodusentene bør forbedre skjermfunksjonene ved å designe systemer som ikke er mer krevende enn å aktivere vindusviskere eller øke innetemperatur. Dess mer vi er fokusert på noe inne i bilen, dess mindre blir vi bevisste på hva som skjer rundt oss/i trafikken. TRL gjennomførte en simulatorstudie med av berøringsskjerm og stemmestyring i 2020. En av de sentrale konklusjonene i rapporten er (Rahmnath, 2020):

Results from this study generally indicate that interacting with both systems (Android Auto and Apple CarPlay) using the touch feature had a more negative impact on driver performance compared with not interacting with a device at all. Despite having to reduce speeds to be able to complete the additional tasks provided, participants were unable to maintain a constant lane position, headway, and spent much longer with their eyes off road. Interacting with the infotainment systems using the voice feature showed better driving performance than the touch feature, however, still significantly different to the control drive in some measures (such as reaction time and lane position).

Vår studie viser at det er viktig å justere skjermfunksjoner før man kjører eller når det er mulig å parkere på et trygt sted. I tillegg kan det være hensiktsmessig å begrense antall apper på skjerm. I flere bilmerker er det alternative fysiske knapper som gjør det mulig å redusere bruken av skjerm. Disse kunne prioriteres av førerne, men det krever at de får veiledning og blir vant å bruke dem. Apper på bilskjerm ligner de appene vi finner på en telefon og det er normalt at vi blir tiltrukket av apper på skjerm og glemmer at vi kan utnytte funksjoner uten å berøre skjermen.

Denne studien handler om førerens selvregulering og selvkontroll mht. å prioritere kjøreoppgaven og kvaliteten i gjennomføringen av kjøreprosessen. Føreren må inhibere (velge bort) aktiviteter knyttet til betjeningen av funksjoner som stiller store krav til og belaster arbeidshukommelsen og som er uvesentlig og distraherende for sikker kjøring. Denne trafikale kompetansen er forankret i vegtrafikklovens paragraf 3 og i Nullvisjonen.

5.4 Videre forskning på temaet om infotainment- systemer i bil

Videre forskning og studier på dette området kan ha følgende momenter som sentrale:

Visuelle og Kognitive Distraksjoner

- Berøringsskjermer krever visuell oppmerksomhet og kognitiv belastning hos føreren, noe som kan føre til at føreren tar blikket bort fra veien. Forskning viser at slike distraksjoner kan øke risikoen for ulykker.

Videre forskning bør fokusere på å vurdere risikoen ved ulike skjerm og skjermfunksjoner under forskjellige veg- og trafikkforhold.

Talestyring som en løsning

- **Fordeler:** Talestyring kan være en måte å redusere behovet for visuelle og manuelle interaksjoner med bilens systemer. Dette kan mulig redusere den kognitive belastningen og forbedre sikkerheten. Selv om talestyring kan redusere behovet for å ta øynene av veien, kan det fortsatt føre til kognitive distraksjoner gjennom komplekse kommandoer eller misforståelser.

Videre forskning bør sette søkelys på å vise i hvilken grad stemmestyring kan bidra til med å redusere kognitiv belastning ved å bruke skjermfunksjoner.

Brukeropplevelse og Aksept

- **Brukervennlighet:** Hvordan opplever brukere infotainment-systemer med både berøringsskjermer og talestyring. Funn tyder på at enkelhet i design og rask respons fra systemet er avgjørende for at førerne skal kunne bruke systemene effektivt uten å bli distraheret.
- **Tilvenning og læring:** Hvor raskt tilpasser førere seg nye teknologier i biler. Mange førere er vant til smarttelefoner og forventer en lignende opplevelse i bilen, noe som kan påvirke hvor raskt og effektivt de kan bruke nye systemer.

Videre forskning bør fokusere på å vise hvilke førergrupper som tar størst risiko ved å bruke skjermssystemer og hvordan vi kan redusere risiko med bedre informasjon og gjennom opplæring.

Integrering av Teknologi

- **Kombinasjon av Berøring og Tale:** Hvordan kan kombinasjonen av talestyring og berøringsskjermer fungere sammen for å minimere distraksjoner. For eksempel kan tale brukes til å initiere en handling, mens berøringsskjermen kan brukes til å fullføre den.

Videre forskning bør vise hvordan førerne kan kombinere berøring og stemmestyring for flere skjermkvaliteter.

Aldersgrupper og problemstillinger.

- **Hvilke aldersgrupper er mest utsatte mht. bruk av infotainment-systemer i bil?**

Videre forskning bør undersøke betydning av alder ved bruk av skjermssystemer og komme med anbefalinger for utvikling av teknologi og grensesnitt som passer bedre for alle aldersgrupper.

6 Referanser

Arnsten, A.F.T., Rubia, K. (2012). Neurobiological Circuits Regulating Attention, Cognitive Control, Motivation, and Emotion: Disruptions in Neurodevelopmental Psychiatric Disorders. Journal of the American Academy of child & adolescent psychiatry 356 www.jaacap.org volume 51, Number 4. April 2012.

Buzsáki, G., Moser, E. (2013). Memory, navigation and theta rhythm, in the hippocampal-entorhinal system. Volume 16. Number 2. February 2013 Nature Neuroscience.

Dingus, Dingus, T. A., Klauer, S.G., Neale, V. L., Petersen, A., Lee, S. E., Sudweeks, J., Perez, M. A., Hankey, J., Ramsey, D., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z. R., Jermeland, J., and Knipling, R.R. 2006. The 100-Car Naturalistic Driving Study. NHTSA report No DOT HS 810 593.

Phase II – Results of the 100-Car Field Experiment

Clark, A. (2016). Surfing Uncertainty Prediction, Action and the Embodied Mind. OXFORD university Press 2016.

Clark, A. (2023). The Experience Machine How our Minds Predict and Shape Reality. Pantheon Books New York 2023.

ETSC (2024). Cars will need buttons not just touchscreens to get a 5-star Euro NCAP safety rating.

General Vehicle Safety Regulation https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13740-Road-safety-advanced-driver-distraction-warning-systems_en

EuroNCAP (2024). <https://www.euroncap.com/en>

Georgsson, M. (2020). NASA RTLX as a Novel Assessment Tool for Determining Cognitive Load and User Acceptance of Expert and User-based Usability Evaluation Methods. EJBI – Volume 16 (2020), Issue 2

Hohwy, J. (2013). The Predictive Mind. OXFORD University Press. United Kingdom.

Jenssen, G. D. (2010). Behavioural Adaptation to Advanced Driver Assistance Systems. Steps to Explore Safety Implications. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology 2010 (ISBN 978-82-471-2216-7) 233 s. Doktoravhandling ved NTNU.

Latuske, P., Kornienko, O., Kohler, L., Allen, K. (2018): Hippocampal Remapping and Its Entorhinal Origin. Frontiers in Behavioural Neuroscience.

Moe, D., Roche Cerasi, I. (2022). Skjermssystemer i bil. SINTEF Notat.

Moser, M.B. (20219). How Do We Find Our Way? Grid Cells in the Brain. Front. Young Minds. Doi: 10.3389/frym. 2021. 678725.

Nadel, L (2021): The hippocampal formation and action at a distance. PNAS 2021 Vol. 118 No. 51 e2119670118

O'Keefe, J., Nadel, L. (1978). The Hippocampus as a Cognitive Map (Oxford Univ. Press) New York.

Ramnath, R., Kinnear, N., Chowdhury, S., Hyatt T. (2020): Interacting with Android Auto and Apple CarPlay when driving: The effect on driver performance. A simulator study. PUBLISHED PROJECT REPORT PPR948.

Sanders, H., Wilson, M.A., Gershman, G.J. (2020). Hippocampal remapping as hidden state inference.

Sanders et al. eLife 2020;9:e51140. DOI : <https://doi.org/10.7554/eLife.51140>.

Sugar, J., Moser, M.B. (2019): Episodic memory: Neuronal codes for what, where, and when. Hippocampus. 2019; 29:1190–1205. 10981063, 2019, 12.