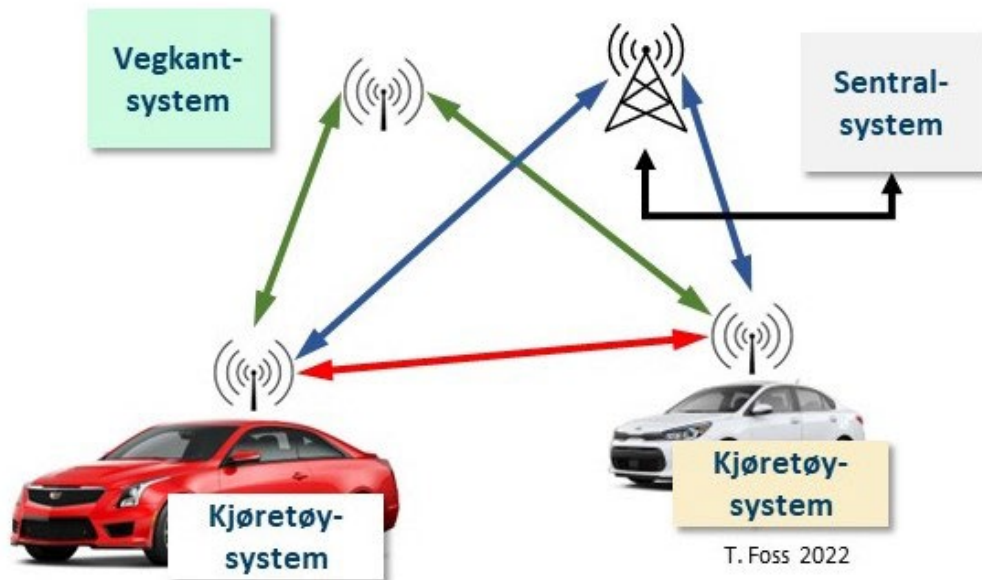




SINTEF



Rapport

Samvirkende ITS (C-ITS)

Litteraturstudie og anbefalinger for tema og målsetninger i Statens vegvesens teknologisatsning

Forfattere:

Trond Foss, Janne Venæs, Gunhild Berget

Rapportnummer:

2023:00271 - Åpen

Oppdragsgiver:

Statens vegvesen, Transport og samfunn



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

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Rapport

Samvirkende ITS (C-ITS)

Litteraturstudie og anbefalinger for tema og målsetninger i
Statens vegvesens teknologisatsning

EMNEORD
Samvirkende ITS
C-ITS
Trafikantinformasjon
Trafikkstyring
Automatisert kjøring

VERSJON
Versjon 1,0
FORFATTERE
Trond Foss, Janne Venæs, Gunhild Berget

DATO
2023-03-30

OPPDRAGSGIVER(E)
Statens vegvesen, Transport og samfunn

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
Kenneth Sørensen

PROSJEKTNUMMER
102028153

ANTALL SIDER OG VEDLEGG
85

Formålet med denne rapporten har vært å identifisere forsknings- og utviklingsfront både nasjonalt og internasjonalt innenfor samvirkende ITS (C-ITS), og gjennom det sikre at Statens vegvesen ikke gjentar allerede etablert forskning. Det har også vært viktig å få oversikt over organisasjoner det vil være hensiktsmessig å etablere samarbeid med gjennom en kartlegging av aktiviteter hos transportmyndigheter, vegholdere og vegoperatører, interesseorganisasjoner og ITS-industrien.

Rapporten er mye basert på den internasjonale standarden 'ISO 14813-1:2015 Intelligent transport systems — Reference model architecture(s) for the ITS sector — Part 1: ITS service domains, service groups and services' som definerer nesten 180 ITS-tjenester.

UTARBEIDET AV
Trond Foss, Janne Venæs, Gunhild Berget

KONTROLLERT AV
Per Lillestøl

GODKJENT AV
Terje Reitaas

SIGNATUR

SIGNATUR

SIGNATUR

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

RAPPORT NR. 2023:00271
ISBN 978-82-14-07875-6
GRADERING Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

| VERSJON | DATO | VERSJONSBESKRIVELSE |
|---------|------------|--|
| 1,0 | 2023-03-30 | Endelig versjon sendt over til oppdragsgiver |
| | | |
| | | |

Innholdsfortegnelse

| | |
|---|-----------|
| Sammendrag | 6 |
| 1 Innledning..... | 14 |
| 1.1 Bakgrunn og formål..... | 14 |
| 1.2 Viktige forutsetninger for denne rapporten | 14 |
| 1.3 Sentrale ITS-tjenester..... | 15 |
| 1.4 Hva er C-ITS | 15 |
| 2 Sentrale begreper og forkortelser | 17 |
| 3 Litteraturstudie | 19 |
| 3.1 ITS-tjenester relatert til trafikantinformasjon | 19 |
| 3.1.1 De mest aktuelle tjenestene..... | 19 |
| 3.1.2 Europeiske rapporter og dokumenter | 22 |
| 3.1.3 Vitenskapelige artikler | 23 |
| 3.1.4 Relevant informasjon fra næringen..... | 26 |
| 3.2 ITS-tjenester relatert til trafikkstyring | 27 |
| 3.2.1 De mest aktuelle tjenestene..... | 27 |
| 3.2.2 Europeiske rapporter og dokumenter | 31 |
| 3.2.3 Vitenskapelige artikler | 34 |
| 3.2.4 Relevant informasjon fra næringen..... | 38 |
| 3.3 ITS-tjenester relatert til automatisert kjøring..... | 39 |
| 3.3.1 De mest aktuelle tjenestene..... | 39 |
| 3.3.2 Europeiske rapporter og dokumenter | 40 |
| 3.3.3 Vitenskapelige artikler | 50 |
| 3.3.4 Relevant informasjon fra næringen..... | 67 |
| 3.3.5 EU-prosjekter..... | 69 |
| 3.3.6 CEDR prosjekter | 70 |
| 3.3.7 Tidsplan for automatisert kjøring..... | 71 |
| 4 Tematiske områder som bør prioriteres | 72 |
| 4.1 Trafikantinformasjon | 72 |
| 4.1.1 Informasjon ved ulykker, kriser og alvorlige hendelser..... | 72 |
| 4.1.2 Datadeling, - innhenting og -forvaltning | 73 |
| 4.1.3 Sanntidsdisplay i kjøretøyet | 73 |
| 4.1.4 Ruteveiledning til ledig el-billader/parkeringsplass. | 74 |
| 4.2 Trafikkstyring..... | 74 |
| 4.2.1 Oversikt..... | 74 |



| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.2.2 | Digital informasjon | 74 |
| 4.2.3 | Vedlikehold av vegnettet..... | 75 |
| 4.2.4 | Kjerneteknologier | 75 |
| 4.2.5 | Styring av etterspørsel..... | 76 |
| 4.3 | Automatisert kjøring | 76 |
| 4.3.1 | Oversikt..... | 76 |
| 4.3.2 | Fysisk og digital veginfrastruktur..... | 76 |
| 4.3.3 | Informasjonsarkitektur | 77 |
| 4.3.4 | Styring av automatiserte kjøretøyer..... | 78 |
| 4.3.5 | Verdinettnettverk for drift av digitalt og fysisk infrastruktur | 79 |
| 4.3.6 | Tidsplan for automatisert kjøring | 80 |
| 4.4 | Viktige tjenesteområder og ITS-tjenester | 81 |
| 5 | Referanser | 82 |

Forord

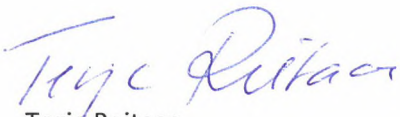
Formålet med denne rapporten har vært å identifisere forsknings- og utviklingsfront både nasjonalt og internasjonalt innenfor samvirkende ITS (C-ITS), og gjennom det sikre at Statens vegvesen ikke gjentar allerede etablert forskning. Det har også vært viktig å få oversikt over organisasjoner det vil være hensiktsmessig å etablere samarbeid med gjennom en kartlegging av aktiviteter hos transportmyndigheter, vegholdere og vegoperatører, interesseorganisasjoner og ITS-industrien.

Rapporten er mye basert på den internasjonale standarden *ISO 14813-1:2015 Intelligent transport systems – Reference model architecture(s) for the ITS sector – Part 1: ITS service domains, service groups and services* som definerer nesten 180 ITS-tjenester. Vårt utgangspunkt har vært at det er vegmyndighetenes hovedansvar å definere de funksjonelle kravene for de ulike C-ITS-tjenestene og de tilhørende kvalitative kravene, f.eks. krav til nøyaktighet, pålitelighet, tilgjengelighet og sikkerhet. Det er hovedansvaret til ITS-industrien og leverandører å levere den teknologien som på best mulig måte oppfyller de funksjonelle og kvalitative kravene.

Etter avtale med oppdragsgiver har vi fokusert på de tre viktigste tjenesteområdene for vegvesenet: Trafikantinformasjon, Trafikkstyring og Automatisert kjøring. Det siste området er kalt Kjøretøytjenester (Vehicle Services) i 14813-1. De mest relevante ITS-tjenestene for hvert av disse områdene er beskrevet og vårt litteratursøk er basert på typiske søkeord for hvert av de tre områdene.

Oppdragsgiver har vært Statens vegvesen, Transport og samfunn, som har vært representert ved Kenneth Sørensen (prosjektleder), Stine Sonen Tveit, Even Myhre og Erik Olsen. SINTEF, avd. Mobilitet, har vært representert ved Trond Foss (prosjektleder), Janne Venæs, Gunhild Berget og Per Johan Lillestøl (kvalitetssikrer).

Trondheim 30.03.2023



Terje Reitaas

Forskningsleder

Sammendrag

Bakgrunn og formål

Bakgrunnen for dette prosjektet er at Statens vegvesen er involvert i en rekke initiativer innenfor C-ITS, blant annet gjennom sin egen teknologisatsning og deltakelse i EU-prosjekter. De neste årene skal Statens vegvesen investere i både infrastruktur og i piloter gjennom disse initiativene. Det er derfor viktig å sikre at beslutningsgrunnlaget er så godt som mulig gjennom pågående forskning og utvikling (FoU) og gjennom planlagte og/eller forventede FoU-prosjekter.

Formålet med oppdraget har vært å identifisere forsknings- og utviklingsfront både nasjonalt og internasjonalt, og slik sikre at Statens vegvesen ikke gjentar allerede etablert forskning. Det er også viktig å få oversikt over organisasjoner det vil være hensiktsmessig å etablere samarbeid med gjennom en kartlegging av aktiviteter hos transportmyndigheter, vegholdere og vegoperatører, interesseorganisasjoner og ITS-industrien.

Hva er ITS og ITS-tjenester

Begrepet ITS (Intelligente transportsystemer) er definert på mange ulike måter siden begrepet oppsto for mange år siden. Vi har valgt å forholde oss til den definisjonen som er brukt i ISO standarden ISO14812 ITS – Vocabulary. Her er ITS definert som et 'system som består av informasjon, kommunikasjon, sensorer og styringsteknologi og som er designet for å være til nytte for et overflate transportsystem'. I praksis betyr det først og fremst et system for vegtransport. Nytteten for transportsystemet vil først og fremst være knyttet til brukerne av transportsystemet, f.eks. trafikanter som reiser med et egnet transportmiddel og operatører som transporterer gods og varer. Den funksjonaliteten som ITS yter til brukerne kalles gjerne ITS-tjenester og dette begrepet er også definert i ISO 14812 som 'funksjonalitet som intelligente transportsystemer yter til en bruker av ITS hvor denne funksjonaliteten skal oppfylle brukernes krav'. En annen ISO-standard, nemlig ISO 14813-1 definerer nesten 180 ulike ITS-tjenester og mange av disse er kort beskrevet i denne rapporten i kapittel 3.

Funksjonalitet og teknologi

ITS-tjenestene som vi kjenner i dag og som er definert i ISO standarden ISO 14813-1 og andre publikasjoner forventes å være de samme om 10 – 15 år, men teknologien vil kunne være vesentlig forskjellig fra den vi har i dag. Mht. fremtidige behov innenfor myndighetenes utvikling og levering av ITS-tjenester basert på C-ITS, er det derfor viktig å fokusere på, og allokere innsatsen på det funksjonelle (ITS-tjenestene) mer enn det teknologiske. *Det er vegmyndighetenes hovedansvar å definere de funksjonelle kravene for de ulike ITS-tjenestene og de tilhørende kvalitative kravene, f.eks. krav til nøyaktighet, pålitelighet, tilgjengelighet og sikkerhet. Det er hovedansvaret til ITS-industrien og leverandører å levere den teknologien som på best mulig måte oppfyller de funksjonelle og kvalitative kravene.*

Metodikk

ISO-standard 14813-1 har gruppert alle de nesten 180 ITS-tjenestene i 10 tjenesteområder, men ikke alle disse tjenesteområdene er like relevante for vegvesenets virksomhetsområde. I samråd med oppdragsgiver ble det derfor valgt å fokusere på de tre viktigste tjenesteområdene for vegvesenet: Trafikantinformasjon, Trafikkstyring og Automatisert kjøring. Det siste området er kalt Kjøretøytjenester (Vehicle Services) i 14813-1.

Litteraturstudiet ble delt inn i fire temaer for hvert av de tre tjenesteområdene: 1) de mest aktuelle ITS-tjenestene, 2) europeiske rapporter og dokumenter, 3) vitenskapelige artikler og 4) artikler og dokumentasjon fra næringen. Det ble lagt mest vekt på de tre første.

Trafikantinformasjon

De mest aktuelle ITS-tjenestene i tjenesteområdet *Trafikantinformasjon* er gruppert innenfor områdene Sanntidsinformasjon om transportstatus (9 tjenester), Sanntidsinformasjon på display i kjøretøyet (5 tjenester), Ruteveiledning og -informasjon i sanntid (3 tjenester), Ruteveiledning til ladefasiliteter for elektriske kjøretøy (2 tjenester), Multimodal ruteplanlegging (2 tjenester) og Informasjon om reisetjenester (2 tjenester). Alle disse ITS-tjenestene er kort beskrevet basert på ISO 14813-1. Basert på gjennomgangen av innsamlet litteratur kommer rapporten med følgende anbefalinger (noe forenklet i forhold til beskrivelsen i kapittel 4):

- *Vegmyndighetene anbefales å ha fokus på rask varsling og omruting ved ulykker eller alvorlige hendelser. Det trengs fortsatt forskning på detektering av ulike typer ulykker og hendelser for automatiserte kjøretøy, og man bør også se på hvordan man best mulig skal kombinere manuelle og automatiske observasjoner framover og hvilke data som skal kunne hentes fra automatiserte kjøretøyer.*
- *Vegmyndigheter må hele tiden ta hensyn til at data fra automatiserte kjøretøy kan komme på avveie, og at tilkoblede kjøretøy er utsatt for hacking. Det må derfor designes prosesser og verktøy for cybersikkerhet. Effektiv kvalitetssikring er også nødvendig for å sørge for høy nok datakvalitet. C-ITS-kommunikasjon bør være mulig på de store vegforbindelsene innen 2030.*
- *Vegmyndighetene må framover følge med på forskning på sikkerhet rundt informasjonsskjermer i bil, og arbeide for å fjerne unødvendig distraksjon av føreren av kjøretøyet.*

Trafikkstyring

De mest aktuelle ITS-tjenestene i tjenesteområdet *Trafikkstyring* er gruppert innenfor områdene Trafikkstyring og regulering (15 tjenester), Transportrelatert ulykkeshåndtering (6 tjenester), Styring av etterspørsel (6 tjenester), Styring av vegvedlikehold (4 tjenester), Sikkerhetsforbedringer for sårbare trafikanter (3 tjenester), Sikkerhetsbestemmelser for fotgjengere som bruker intelligente vegkryss og lenker (2 tjenester) og Forhåndsvarsling i intelligente vegkryss (2 tjenester). Alle disse ITS-tjenestene er kort beskrevet basert på ISO 14813-1. Basert på gjennomgangen av innsamlet litteratur kommer rapporten med følgende anbefalinger (noe forenklet i forhold til beskrivelsen i kapittel 4):

- *Vegmyndigheters rolle som mobilitets- og trafikansvarlig må sikres juridisk i et transportsystem som inneholder automatiserte kjøretøy på forskjellige nivåer og med forskjellige bruksområder, kapasiteter og tilpasset forskjellige ODD-er (Operational Design Domain). Altså må trafikkkstyringsplaner og digitale trafikkforskrifter gjøres juridisk bindende for alle operatører av kjøretøy (inkludert automatiserte kjøresystemer). Det bør også stilles krav til produsenter av kjøretøy og automatiserte kjøresystemer om deling av sikkerhets-, trafikadministrasjons- og ODD-relaterte data.*
- *Vegmyndighetene bør planlegge et fremtidig vegvedlikehold som er basert på innhenting av relevante data fra automatiserte kjøretøyer på de ulike nivåene og bruk av automatiserte vedlikeholdskjøretøyer.*
- *Utbygging av 5G-teknologi gjennomføres i dag hovedsakelig av telebransjen. For å få fortgang i utbygging bør vegmyndighetenes behov for 5G langs vegnettet kommuniseres tydelig.*
- *Nøyaktig posisjonering er essensiell for automatisert kjøring. Vegmyndighetene bør påse at det finnes GNSS korreksjonsdata langs vegnettet og at dette er tilgjengelig for et stadig voksende marked.*

Automatisert kjøring

De mest aktuelle ITS-tjenestene i tjenesteområdet *Automatisert kjøring* er gruppert innenfor områdene Automatisert kjøring (7 tjenester), Reduksjon/unngåelse av kollisjon (3 tjenester), Råd eller advarsler til

fører (4 tjenester) og Sikkerhetsvarsler (1 tjenester). Alle disse ITS-tjenestene er kort beskrevet basert på ISO 14813-1. Basert på gjennomgangen av innsamlet litteratur kommer rapporten med følgende anbefalinger (noe forenklet i forhold til beskrivelsen i kapittel 4):

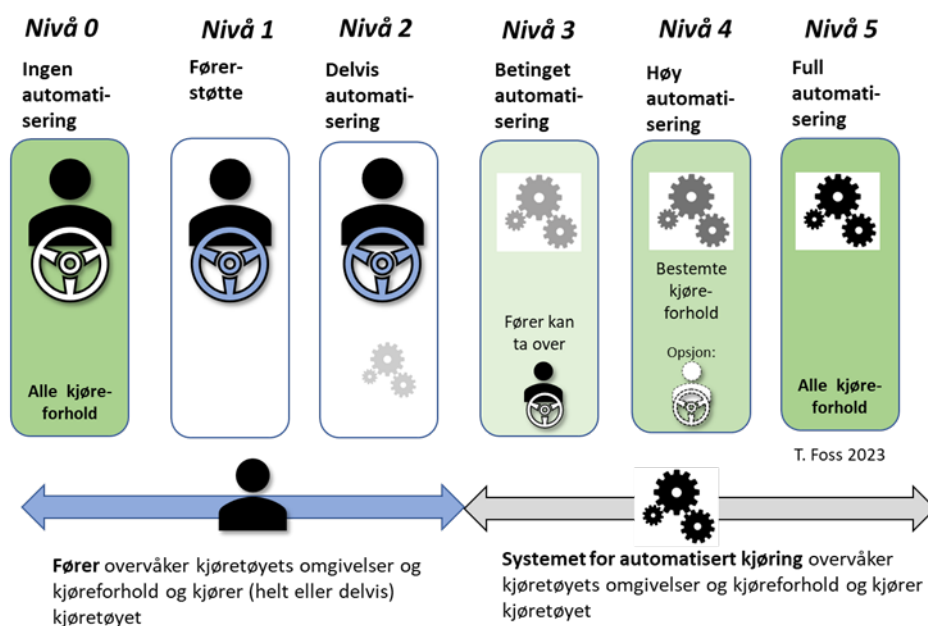
- *Økt vedlikehold av både skilter og oppmerking vil være nødvendig for at systemet for automatisert kjøring med dets sensorer skal kunne erstatte den menneskelige oppfattelse og tolking av skilt, signaler og oppmerking.*
- *Vegholdere må kategorisere infrastrukturen iht. ISAD-kategoriseringen (Infrastructure Support for Automated Driving) og kontinuerlig oppdatere kategorien i takt med oppgraderinger og publisere denne informasjonen slik at den er lett tilgjengelig for automatiserte kjøretøyer.*
- *Vegmyndigheter og vegholdere bør starte utredningen av mulige teststrekninger for ulike tester på strekninger åpen for allmenn ferdsel.*
- *Vegmyndigheter og vegholdere må oppdatere seg på og gjerne delta i utviklingen og testingen av vegkantutstyr, jfr. det som er gjort av østerrikerne på teststrekningen motorveg A2 nær byen Graz i Østerrike. Testing og spesifisering av digital infrastruktur under nordiske forhold vil være helt nødvendig for at automatiserte kjøretøyer og automatisert kjøring skal kunne innføres på høyere SAE-nivåer i Norge.*
- *Det er viktig at vegmyndigheter setter seg godt inn de ulike standardene og kravene som gjelder for datakvalitet og at disse standardene og kravene legges til grunn ved utvikling, utbygging og drift av den digitale infrastrukturen som skal legge grunnlaget for automatisert kjøring.*
- *Det er viktig at vegmyndigheter og vegholder utvikler en policy for:*
 - *generering, lagring, behandling og bruk av data som er nødvendig for at systemer for automatisert kjøring har tilstrekkelig med data slik at systemet kan utføre alle føreroppgavene på en sikker og effektiv måte*
 - *data som samles inn av de automatiserte kjøretøyene og som kan benyttes til vegholders drift av den fysiske og digitale infrastrukturen*
 - *eierskap av slike data*
 - *personvern knyttet til innsamling, behandling og bruk av slike data*
- *Vegmyndigheter og vegholdere bør utarbeide en policy og planer for hvordan ulike hendelser kan håndteres mht. styring av automatiserte kjøretøyer i situasjoner hvor nødvendige data og algoritmer ikke er lagret i systemet for automatisert kjøring, men hvor den digitale infrastrukturen driftet av vegholder kan kompensere for dette.*
- *Vegmyndigheter og vegholdere bør utvikle en rolle- og ansvarsmodell for et system for automatisert kjøring. Denne rolle- og ansvarsmodellen bør videre danne grunnlag for et verdinettverk hvor de ulike aktørene som skal oppfylle de ulike ansvarsområdene definert i rolle- og ansvarsmodellen blir noder i verdinettverket og hvor de ulike verdistrømmene som knytter nodene sammen blir definert. Dette verdinettverket blir en viktig pilar for et økonomisk bærekraftig, effektivt og sikkert system for automatisert kjøring. Mer spesifikt vil et slikt verdinettverk kunne benyttes til følgende:*
 - *Gi en god oversikt over alle involverte roller, ansvarsområder og relasjoner mellom rollene (f.eks. verdistrømmer og avtaler)*
 - *Bidra til å beregne den totale kostnaden for investering og drift av systemet*
 - *Bidra til å kartlegge og evaluere effekten for de ulike rollene og aktørene*
 - *Bidra til å vurdere mulige aktører til de i ulike rollene og til å vurdere de ulike rollenes fleksibilitet og mulighet til utvidelse*
 - *Støtte en Risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS), f.eks. mht. mangel på tilgjengelighet, konfidensialitet og integritet i informasjonsstrømmer og mangel på eller kvalitet på aktører i nettverket*

- Identifisere informasjonsstrømmer som er interessante eller nødvendige mht. datainnsamling for evaluering og kvalitetskontroll av systemet

Tidsplan for automatisert kjøring

Ulike kilder har ulike betraktninger mht. hvor raskt innføringen av automatisk kjøring på de høyeste nivåene vil foregå. Her er det mange momenter som kan dra i ulike retninger. Brukernes aksept er meget viktig og selv om kjøretøyprodusenter pusher utviklingen av kjøring på nivå 3 og høyere, har ikke brukerne vist den samme etterspørselen så langt [68]. Det juridiske rammeverket som må til for at føreroppgavene skal kunne utføres av en maskin, og ikke en menneskelig fører, er også et langt lerret å bleke, ikke minst mht. ansvarsfordelingen mellom produsent, forhandler, sertifiseringsorgan og vegmyndigheter. Ved en uønsket hendelse kan det bli spørsmål om: var kjøretøyets system for automatisert kjøring inkludert sensorer iht. kravene, hadde forhandleren informert kunden godt nok om begrensninger ved bruken, var sertifiseringsprosedyrene gode og fulgt og var den fysiske og digitale veginfrastrukturen (inkl. kommunikasjon) så god og tilgjengelig som den skulle være iht. ISAD-kategoriseringen? Disse og andre spørsmål vil styre utviklingen. I tillegg kan det skje uventede ting innenfor teknologiutviklingen som setter hele prosessen i et nytt lys.

Det foreligger relativt mange ekspertuttalelser om når man eventuelt kan ha innført automatisert kjøring på høyeste automatiseringsnivå (Nivå 5) Disse uttalelsene varierer fra 10-15 år til aldri. Noen eksperter mener også at man bør unngå nivå 3 av sikkerhetsmessige årsaker.



Organisasjonen CEDR (Conference of European Directors of Roads) sier i sin strategi for 2018-2028 at i løpet av de neste ti årene, vil kjøring på nivå 3 og 4 vil være tilgjengelig på motorveger i tillegg til puljekjøring med tunge kjøretøyer. Hvis vi ser på status i dag i forhold til 5 år tilbake da vi fikk loven om utprøving av automatisert kjøring i Norge, er det etter vår oppfatning meget lite sannsynlig at man vil ha automatisert kjøring på norske motorveger i 2028. Tilbake til brukeraksept: vil norske trafikanter om 5 år etterspørre å sitte i et automatisert kjøretøy på norske motorveger i en hastighet på 110 km/t? Kanskje kan 10-15 år fra i dag være et mer realistisk tidsperspektiv for slik etterspørsel. Teknologisk vil det nok være mulig, men vil brukerne etterspør denne muligheten? Vil de føle seg trygge i en slik hastighet sammen med en fortsatt stor andel av kjøretøyer hvor føreroppgavene utføres av mennesker? Kanskje er det mer realistisk å se for seg automatiserte kjøretøyer for transport

av personer og gods i byer og tettbygde strøk hvor kjøretøyene har en maksimumshastighet på 40-50 km/t innenfor 10-15 år.

Viktige tjenesteområder og ITS-tjenester

Statens vegvesen har en meget sentral rolle når det gjelder transport av personer og gods på det norske vegnettet. De er både transportmyndighet med ansvar for regelverk, forskrifter og retningslinjer for hele det norske vegnettet, de er vegholder med ansvar for det norske hovedvegnettet og de er vegoperatør for det samme nettverket, f.eks. gjennom drift av vegtrafikksentralene. Per i dag er det ITS-tjenestene innenfor trafikantinformasjon og trafikkstyring som er de viktigste og på kort og mellomlang sikt vil det trolig være her den største innsatsen kan ligge. Samtidig vil vegvesenet måtte starte prosessen med å forberede den fysiske og digitale infrastrukturen som er nødvendig for innføring av automatisert kjøring på nivå 3-5. Nedenfor har vi pekt på et par områder som vi mener er viktige både på kort og lang sikt:

- **Trafikkdata.** Data om de kjøretøyene som befinner seg i vegsystemet, data om selve infrastrukturen og om miljøet (f.eks. vær og forurensning) er essensiell input til de aller fleste ITS-tjenestene. Her er det viktig at vegvesenet går foran og utvikler et rammeverk for datainnsamling fra kjøretøy-, vegkant- og sentralsystemer og hvordan dette rammeverket skal bidra til effektiv og sikker bruk av data i ITS-tjenester basert på C-ITS. Trafikkdata med nødvendig kvalitet, sikkerhet og tilgjengelighet er basis for alle ITS-tjenester innenfor tjenesteområdene Trafikantinformasjon, Trafikkstyring og Automatisert kjøring. Et slikt rammeverk bør inkludere eksterne leverandører av trafikkdata og det bør utvikles en rolle- og ansvarsmodell som senere kan utvikles til et verdinettverk for trafikkdata.
- **Fysisk og digital infrastruktur.** Både den fysiske og den digitale infrastrukturen skal støtte vegvesenets arbeid som leverandør av ITS-tjenester både innenfor trafikantinformasjon, trafikkstyring og automatisert kjøring. Utstyr langs vegen skal både samle inn data fra kjøretøyer, infrastrukturen og miljøet og det skal brukes til å informere trafikanter og å styre trafikken, inkludert styring av automatiserte kjøretøyer når og hvor dette måtte kreves. Den digitale infrastrukturen inkluderer også støttetjenester levert av andre enheter, f.eks. kommunikasjonstjenester levert av teleoperatører og posisjoneringstjenester levert av GNSS-operatører og operatører av stasjoner for GNSS korreksjonsdata. Vi regner også høyoppløselige digitale kart som en viktig del av den digitale infrastrukturen, ikke minst mht. ITS-tjenester som støtter automatisert kjøring på nivå 3-5, men også tjenester på nivå 2.

I kapittel 4 er de ulike tiltakene beskrevet mer utfyllende inkludert en begrunnelse for de ulike tiltakene.

Summary

The background for the project is that the Norwegian Road Administration (NPRA) is involved in a number of initiatives within C-ITS, including through its own technology investments and participation in EU projects. In the coming years, NPRA will invest in both infrastructure and pilots through these initiatives. It is therefore important to ensure that the decision-making basis is as good as possible through ongoing research and development (R&D) and through planned and/or expected R&D projects.

The purpose of the assignment to SINTEF has been to identify research and development fronts both nationally and internationally, and thus ensure that NPRA does not repeat already established research. It is also important to get an overview of organizations with which it would be appropriate to establish cooperation, through a survey of activities accomplished by transport authorities, road owners and road operators, interest organizations and the ITS industry.

The ITS services that we know today and that are defined in the ISO standard ISO 14813-1 and other publications are expected to be the same in 10 – 15 years, but the technology could be considerably different from what we have today. Regarding future needs within the authorities' development and delivery of ITS services based on C-ITS, it is therefore important to focus on, and allocate efforts, to the functionality (i.e., ITS services) more than the technology. It is the road authorities' main responsibility to define the functional requirements for the various ITS services and the associated qualitative requirements, e.g., requirements for accuracy, reliability, availability and security. It is the main responsibility of the ITS components and systems industry and providers to deliver the technology fulfilling the functional and qualitative requirements in a best possible way.

The ISO standard 14813-1 has grouped all the almost 180 ITS services into 10 service areas, but not all of these service areas are equally relevant to NPRA's responsibility areas. In consultation with NPRA, it was therefore chosen to focus on the three most important service areas for NPRA: Traveller information, Traffic management and Operation, and Automated driving. The last area is called Vehicle Services in 14813-1.

The literature study was divided into four themes for each of the three service areas: 1) the most relevant ITS services, 2) European reports and documents, 3) scientific articles and 4) articles and documentation from the industry. Most emphasis was placed on the first three.

The most relevant ITS services in the Traffic information service area are grouped within the areas Real-time transport Status Information (9 services), Real-time in-vehicle display (5 services), Real-time route guidance and information (3 services), Route guidance to EV charging facilities (2 services), Multi-modal trip planning (2 services) and Travel services information (2 services). All these ITS services are briefly described based on ISO 14813-1. Based on the review of collected literature, the report makes the following recommendations (somewhat simplified compared to the description in chapter 4 Thematic areas that should be prioritized):

- *The road authorities are recommended to focus on immediate notification and rerouting in the event of accidents or serious incidents. Research is still needed on the detection of various types of accidents and incidents for automated vehicles, and the authorities should also look at how to combine manual and automatic observations in the future and which data that should be able to be retrieved from automated vehicles.*
- *Road authorities must constantly take into account that data from automated vehicles can be accessed and retrieved by unauthorised entities and that connected vehicles are vulnerable to hacking. Processes and tools for cyber security must therefore be designed. Effective quality assurance is also necessary to ensure sufficiently high data quality. C-ITS communication should be possible on the major road connections by 2030.*

- *The road authorities must in future follow research on traffic safety related to information displays in vehicles, and work to remove unnecessary distractions of the driver of the vehicle.*

The most relevant ITS services in the Traffic management service area are grouped within the areas Traffic management and control (15 services), Transport-related incident management (6 services), Demand management (6 services), Road transport infrastructure maintenance management (4 services), Safety enhancements for vulnerable road users (3 services), Safety provisions for pedestrians using intelligent junctions and links (2 services) and Advanced warnings provided by intelligent junctions (2 services). All these ITS services are briefly described based on ISO 14813-1. Based on the review of collected literature, the report makes the following recommendations (somewhat simplified compared to the description in chapter 4 Thematic areas that should be prioritized):

The role of road authorities as mobility and traffic managers must be legally secured in a transport system containing automated vehicles at different levels and with different uses, capacities and adapted to different ODDs. Thus, traffic management plans and digital traffic regulations must be made legally binding for all operators of vehicles (including automated driving systems). Manufacturers of vehicles and automated driving systems should also be required to share safety, traffic management and ODD-related data.

- *The road authorities should plan future road maintenance that is based on the collection of relevant data from automated vehicles at the various levels and the use of automated maintenance vehicles.*
- *Development of 5G technology is currently carried out mainly by the telecommunications industry. In order to speed up development, the road authorities' need for 5G along the road network should be clearly communicated.*
- *Accurate positioning is essential for automated driving. The road authorities should ensure that there is GNSS correction data along the road network and that this is available to an ever-growing market.*

The most relevant ITS services in the service area Automated driving are grouped within the areas Automated vehicle operation (7 services), Collision/mitigation avoidance (3 services), Driver warning or advisory (4 services) and Safety warning (1 service). All these ITS services are briefly described based on ISO 14813-1. Based on the review of collected literature, the report makes the following recommendations (somewhat simplified compared to the description in chapter 4 Thematic areas that should be prioritized):

- *Increased maintenance of both signs and markings will be necessary for the system for automated driving with its sensors to be able to replace the human perception and interpretation of signs, signals and markings.*
- *Road managers must categorize the infrastructure according to the ISAD categorization (Infrastructure Support for Automated Driving) and continuously update the category with upgrades and publish this information so that it is easily accessible to automated vehicles.*
- *Road authorities and road managers should start the study of possible test sites/road sections for various tests on road sections open to public traffic.*
- *Road authorities and road managers must keep up-to-date on, and preferably participate, in the development and testing of roadside equipment, cf. what has been done by the Austrians on the test section of the A2 motorway near the city of Graz in Austria. Testing and specifying digital infrastructure under Nordic conditions will be absolutely necessary for automated vehicles and automated driving to be introduced at higher SAE levels in Norway.*
- *It is important that road authorities familiarize themselves with the various standards and requirements that apply to data quality and that these standards and requirements are used as a*



basis for the development, implementation and operation of the digital infrastructure that will form the basis for automated driving.

- *It is important that road authorities and road managers develop a policy for:*
 - *generation, storage, processing and use of data that is necessary for systems for automated driving to have sufficient data so that the system can perform all driver tasks in a safe and efficient manner*
 - *data that is collected by the automated vehicles and that can be used for the road operator's operation of the physical and digital infrastructure*
 - *ownership of such data*
 - *privacy related to the collection, processing and use of such data*
- *Road authorities and road managers should draw up a policy and plans for how various incidents can be handled with regard to management of automated vehicles in situations where the necessary data and algorithms are not stored in the system for automated driving, but where the digital infrastructure operated by the road operator can compensate for this.*
- *Road authorities and road managers should develop a role and responsibility model for a system for automated driving. This role and responsibility model should further form the basis for a value network where the various actors who must fulfil the various areas of responsibility defined in the role and responsibility model, become nodes in the value network and where the various value flows that link the nodes together are defined. This value network will be an important pillar for an economically sustainable, efficient and safe system for automated driving.*

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Bakgrunnen for dette prosjektet er at Statens vegvesen er involvert i en rekke initiativer innenfor C-ITS, blant annet gjennom sin egen teknologisatsning og deltakelse i EU-prosjekter. De neste årene skal Statens vegvesen investere i både infrastruktur og i piloter gjennom disse initiativene. Det er derfor viktig å sikre at beslutningsgrunnlaget er så godt som mulig gjennom pågående forskning og utvikling (FoU) og gjennom planlagte og/eller forventede FoU-prosjekter.

Formålet med oppdraget har vært å identifisere forsknings- og utviklingsfront både nasjonalt og internasjonalt, og slik sikre at Statens vegvesen ikke gjentar allerede etablert forskning. Det er også viktig å få oversikt over organisasjoner det vil være hensiktsmessig å etablere samarbeid med gjennom en kartlegging av aktiviteter hos transportmyndigheter, vegholdere og vegoperatører, interesseorganisasjoner og ITS-industrien.

1.2 Viktige forutsetninger for denne rapporten

Ved oppstart av dette prosjektet ble det avtalt følgende punkter som skulle legges til grunn for arbeidet med rapporten:

- Rapporten skal bruke begrepet C-ITS som også var brukt i konkurransegrunnlaget. I ISO 14812 ITS – Vocabulary [32] er C-ITS definert som 'subset of ITS where information is shared among ITS stations in a manner that enables its use by multiple ITS services'. I den samme standarden er ITS definert som 'system comprised of information, communication, sensor, and control technologies and that is designed to benefit a surface transport system'.
- Litteratursøket begrenses til litteratur etter 2017 og vi ser først og fremst på europeisk litteratur, men utelukker ikke artikler som synes spesielt relevant fra f.eks. Japan, Korea og USA. Europeiske artikler kan ha nyttige referanser til andre artikler fra land utenfor Europa.
- Det fokuseres på ITS-tjenester innenfor tjenestegruppene Trafikantinformasjon, Trafikkstyring og Kjøretøyrelaterte ITS-tjenester (Automatisert kjøring), jfr. ISO 14813-1 [36]. Vær- og miljørelaterte ITS-tjenester vil trolig dukke opp i noen artikler som har de tre nevnte gruppene som hovedfokus.
- Litteratursøket starter med de 100 mest relevante treffene. Søkeordene C-ITS, service, transport skal inngå som de første søkeordene som en grovfiltrering av treffene. Disse søkeordene kombineres med andre søkeord som viser seg å gi best mulig treff på ITS-tjenester i de tre gruppene nevnt ovenfor, f.eks. safety og traffic management.
- Viktige å identifisere kunnskapshull i beskrivelsen av ulike ITS-tjenester som opplagt er relevante for ITS-tjenester som forventes utviklet og levert av norske myndigheter
- ITS-tjenestene som vi kjenner i dag og som er definert i ISO standarden ISO 14813-1 og andre publikasjoner forventes å være de samme om 10 – 15 år, men teknologien vil kunne være helt forskjellig fra den vi har i dag. Mht. fremtidige behov innenfor myndighetenes utvikling og levering av ITS-tjenester basert på C-ITS, er det derfor viktig å fokusere på, og allokere innsatsen på det funksjonelle (ITS-tjenestene) mer enn det teknologiske.
- C-ITS industriens meninger og kunnskap må synliggjøres.
- Det må synliggjøres hvor et relativt lite antall brukere av C-ITS baserte ITS-tjenester kan ha stor effekt frem til at en overveiende del av brukere har mulighet for å anskaffe og bruke slike tjenester.

Det er vegmyndighetenes hovedansvar å definere de funksjonelle kravene for de ulike ITS-tjenestene og de tilhørende kvalitative kravene, f.eks. krav til nøyaktighet, pålitelighet, tilgjengelighet og sikkerhet. Det er hovedansvaret til ITS-industrien og leverandører å levere den teknologien som på best mulig måte oppfyller de funksjonelle og kvalitative kravene.

1.3 Sentrale ITS-tjenester

Valg av ITS-tjenester som er ansett som relevante i forhold til den litteraturstudien som er gjennomført er basert på ISO-standarden ISO 14813-1 [36] som har systematisert ITS-tjenestene i områder, grupper og ITS-tjenester. Listen nedenfor viser de områdene og gruppene (originale navn på engelsk) som er vurdert til å være de mest relevante for det FoU arbeidet som Statens vegvesen skal utføre de neste årene:

Traveller information

- Real-time transport Status Information
- Real-time in-vehicle display
- (Real-time route guidance and information)
- Guidance to EV charging facilities
- Travel services information

Traffic Management and Operation

- Traffic management and control
- Transport related incident management
- Demand management
- Road transport infrastructure maintenance management
- Safety enhancements for vulnerable road users
- Safety provisions for pedestrians using intelligent junctions and links
- Advanced warnings provided by intelligent junctions

Vehicle services

- Automated vehicle operation
- Collision mitigation/avoidance
- Driver warning or advisory
- Safety warning
- (Management of suspicious vehicles)

Grupper i parentes er ansett for å være mindre aktuelle.

1.4 Hva er C-ITS

Begrepet C-ITS og andre relevante begreper er beskrevet i Statens vegvesens rapport nr. 821 ITS-tjenester basert på samvirkende ITS [1]. Nedenfor er det gjengitt hvordan begrepet C-ITS er beskrevet i denne rapporten. Andre sentrale begreper som er beskrevet i denne rapporten er ITS-tjeneste, ITS-komponenter, ITS-stasjon og CCAM.

Samvirkende ITS, ofte betegnet som C-ITS, er et begrep som gjerne knyttes til IKT infrastrukturen i intelligente transportsystemer. Begrepet brukes i mange ulike sammenhenger, men er opprinnelig knyttet til tekniske beskrivelser av hvordan de ulike ITS-komponentene kommuniserer sammen og utveksler informasjon og tjenester. Dessverre brukes begrepene ITS og C-ITS om hverandre, men det er altså to forskjellige ting.

Begrepet C-ITS er definert i to ulike standarder hvor intensjonen er sammenfallende, men hvor den detaljerte definisjonen er litt forskjellig. Både den originale definisjonen og den norske oversettelsen er gjengitt for disse standardene.

- *ISO TS 14812 Intelligent Transport Systems – Vocabulary definerer C-ITS som a 'subset of ITS where information is shared among ITS stations in a manner that enables its use by multiple ITS services'.*

Dette kan oversettes til 'en delmengde av ITS hvor informasjon er delt mellom ITS-stasjoner på en måte som gjør at informasjonen kan brukes av flere ITS-tjenester'.

- *ISO/TR 17465-1:2014 Intelligent transport systems — Cooperative ITS — Part 1: Terms and definitions definerer C-ITS som 'subset of overall ITS that communicates and shares information between ITS stations and ITS applications to give advice or facilitate actions with the objective of improving safety, sustainability, efficiency, and comfort beyond the scope of stand-alone systems'. Dette kan oversettes til 'en delmengde av ITS som kommuniserer og deler informasjon mellom ITS stasjoner og ITS applikasjoner for å gi råd og legge til rette for funksjoner som skal øke sikkerhet, miljøvennlighet, effektivitet og komfort utover virkeområdet for enkeltstående systemer'.*

Kommunikasjon og utveksling av informasjon mellom ITS-stasjoner er felles for de to definisjonene. Definisjonen i ISO/TS 14812 sier at informasjonen som utveksles kan brukes av flere ITS-tjenester mens definisjonen i ISO/TR 17465-1 sier at informasjonen som deles kan brukes av flere ITS-applikasjoner.

Det vises for øvrig til vegvesenets rapport nr. 821 for ytterligere beskrivelse av begrepet C-ITS og de andre sentrale ITS-begrepene nevnt ovenfor.

2 Sentrale begreper og forkortelser

| Begrep | Definisjon |
|---|--|
| CAD Connected Automated Driving | system av systemer for automatisert kjøring hvor de automatiserte kjøretøyene er koplet opp mot hverandre og/eller digital infrastruktur |
| CAV Connected Automated Vehicle | automatisert kjøretøy som er koplet opp mot andre CAV og/eller digital infrastruktur |
| CCAM Connected Cooperative Automated Mobility | abstrakt begrep basert på ITS-tjenester knyttet til automatisert mobilitet og hvor ITS-tjenesten er basert på at brukerens ITS-komponent er koplet til et kommunikasjonsnettverk som gjøre det mulig å kommunisere med andre ITS-komponenter som er interoperable med brukerens ITS-komponent og kan utveksle informasjon og tjenester NOTE 1: Automatisert betyr at kjøretøyet som er benyttet for å transportere personer eller gods er automatisert på et nivå som er definert i [35]. |
| C-ITS Samvirkende ITS <i>Cooperative ITS (C-ITS)</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. en delmengde av ITS hvor informasjon er delt mellom ITS-stasjoner på en måte som gjør at informasjonen kan brukes av flere ITS-tjenester [32] 2. en delmengde av ITS som kommuniserer og deler informasjon mellom ITS-stasjoner og ITS-applikasjoner for å gi råd og legge til rette for funksjoner som skal øke sikkerhet, miljøvennlighet, effektivitet og komfort utover virkeområdet for enkeltstående systemer [33] |
| ISAD Infrastructure Support Levels for Automated Driving | beskrivelse av de ulike nivåene for det støttesystemet som tilbys av vegholder mht. automatisert kjøring. NOTE 2: Begrepet ble første gang presentert på ITS World Congress i 2018 [67] |
| ITS Intelligente transportsystemer | system som består av informasjon, kommunikasjon, sensorer og styringsteknologi og som er designet for være til nytte for et overflate transportsystem [32] |
| ITS-komponent | fysisk objekt som er tildelt en eller flere funksjoner som skal bidra til å levere en eller flere ITS-tjenester [32] |
| ITS-stasjon | funksjonell enhet som er sammensatt av ulike logiske og funksjonelle lag som sammen leverer ITS-tjenester [34] NOTE 3: Ut fra et abstrakt synspunkt referer begrepet ITS-stasjon til et sett med funksjoner. Det riktige navnet på den fysiske enheten er ITS-stasjon enhet (ITS station unit ITS-SU) |
| ITS-tjeneste | funksjonalitet som intelligente transportsystemer (ITS) yter til en bruker av ITS hvor denne funksjonaliteten skal oppfylle brukerens krav [32] |
| LIDAR | L ight D etection A nd R anging |
| METR | M anagement of E lectronic T raffic R egulations |



| | |
|-------------------------------------|--|
| ODD Operational Design Domain | beskrivelse av det eller de spesifikke områdene der et system for automatisert kjøring er utformet for å fungere riktig, inkludert typer veier, hastighetsområder, vær, tid på dagen og miljøforhold. NOTE 4: ODD ble opprinnelig definert og beskrevet i SAE J3016 Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles i den versjonen som ble publisert i 2016. |
| RADAR | RA dio D etection A nd R anging |

3 Litteraturstudie

3.1 ITS-tjenester relatert til trafikantinformasjon

3.1.1 De mest aktuelle tjenestene

Den internasjonale standarden ISO14813-1 [36] definerer et sett med ITS-tjenester relatert til kjøretøyet, og flere av disse er relevant mht. C-ITS, CCAM, fysisk og digital infrastruktur. De ITS-tjenestene som er funnet å være de mest relevante er listet opp nedenfor. En mer detaljert beskrivelse av de ulike tjenestene er beskrevet i [36]. ISO-standardens betegnelse er gitt i parentes.

Sanntidsinformasjon om transportstatus (Real-time transport Status Information)

- *Trafikkinformasjon* (Traffic information). Tjenesten skal gi trafikanten informasjon om den nåværende trafikksituasjonen, noe som skal inkludere sanntidsinformasjon om trafikkflyt (fart, framkommelighet og kø) og kø ved tollstasjoner, bruer og fergeterminaler.
- *Veginformasjon* (Roadway information). Tjenesten skal gi trafikanten informasjon om de nåværende vegforholdene og inkluderer informasjon om is, snø, overflatevann eller andre forhold som kan påvirke bevegelsesfriheten for kjøretøy.
- *Multimodal transportinformasjon – tilgjengelige tjenester* (Multi-modal transport information – available services). Denne tjenesten skal gi trafikanten informasjon om tilgjengelige tjenester, bl.a. typer transporttjenester tilgjengelig på en holdeplass, holdeplassens lokasjon, rutetider, priser og punktlighet.
- *Multimodal transportinformasjon – informasjon om nåsituasjon* (Multi-modal transport information – current situation information). Denne tjenesten skal gi trafikanten informasjon om status for ankomst og avreise for transporttjenester, midlertidige tjenester, kjente eller forventede forsinkelser og kanselleringer, samt tilgjengelig parkering i nærheten.
- *Multimodal transportinformasjon – ruteplanleggingstjeneste* (Multi-modal transport information – trip planning service). Denne tjenesten skal gi mulighet for ruteplanlegging for nåværende eller framtidige reiser, f.eks. ved å kalkulere reiserute med navigasjon fra startpunkt til destinasjon.
- *Multimodal transportinformasjon – brukertilgang* (Multi-modal transport information – user access). Denne tjenesten skal gi trafikanten informasjon om brukerkanaler for å få tilgang til sanntidsinformasjon om tilgjengelige tjenester, nåtidssituasjon og reiseplanlegging.
- *Multimodal transportinformasjon – informasjon om bytte av transportmiddel* (Multi-modal transport information – modal transfer information). Denne tjenesten skal gi trafikanten informasjon om tilgjengelige muligheter til å bytte transportmiddel, inkludert anbefalte steder for skiftet. Dette kan være statisk informasjon som lokasjon, åpningstider, tilgjengelige transportmidler og fasiliteter som heis, trapper osv., eller det kan være dynamisk informasjon som nåværende tjenestetilgjengelighet, kommende avganger eller sanntidsinformasjon om overgangstid.
- *Dynamisk parkeringsinformasjon – eksternt til P-anlegg* (Dynamic Parking information – external to facilities). Denne tjenesten skal gi dynamisk sanntidsinformasjon som tilgjengelig antall parkeringsplasser og forventet antall ledige parkeringsplasser for både langtids- og korttidsparkering, samt betjent parkering.
- *Statisk parkeringsinformasjon – eksternt til P-anlegg* (Static Parking information – external to facilities). Denne tjenesten skal gi statisk informasjon som navigasjon til parkeringsfasilitetene, type parkering tilgjengelig (korttids-/ langtidsparkering og betjent parkering), parkeringens lovlige varighet, restriksjoner (f.eks. forbud mot camping eller parkering over natten), samt avgiftstakster.

Sanntidsinformasjon på display i kjøretøyet (Real-time in-vehicle display)

- *Informasjonsskjerm i kjøretøyet – ruteveiledning og regulering* (In-vehicle signage – route guidance and regulatory). Tjenesten skal sørge for at følgende informasjon kan vises for føreren i kjøretøyet:
 - Ruteveiledning. Informasjonen skal baseres på data som gis av føreren før turen – f.eks. startpunkt og destinasjon, rutepreferanser, ønsket ankomsttid og karakteristikk ved kjøretøyet.
 - Regulering. Informasjonene inkluderer vekt-, høyde- og adkomstrestriksjoner.

Noe av denne informasjonen kan hentes automatisk fra kjøretøyet, mens andre data kan finnes i en forhåndsdefinert liste over de mest brukte startpunkt, destinasjoner og rutepreferanser fra føreren av kjøretøyet.

- *Informasjonsskjerm i kjøretøyet - parkeringsinformasjon* (In vehicle signage – parking information). Denne tjenesten skal sørge for at følgende informasjon kan vises for føreren i kjøretøyet:
 - Tilgjengelige parkeringsplasser, enten parkeringsarealets lokasjon eller ledige plasser på et parkeringsareal.
 - Parkeringskostnader
 - Tillatt parkeringsvarighet og andre restriksjoner (f.eks. camping forbudt, maks. størrelse på kjøretøy)
 - Tilgjengelig sikkerhetsnivå og -type, f.eks. kjøretøygjenkjenning ved inn- og utkjøring, parkeringsvakt og videoovervåkning.
- *Informasjonsskjerm i kjøretøyet – fart og kjørefelt* (In-vehicle signage – speed and lane control). Denne tjenesten skal sørge for at følgende informasjon om fart og kjørefelt kan vises for føreren i kjøretøyet:
 - Nåværende fartsgrense
 - Kommende fartsgrense dersom den er forskjellig fra nåværende fartsgrense
 - Hvorvidt kjøretøyet er utenfor kjørefeltet eller i et kjørefelt det ikke bør være i
 - Hvorvidt vegen foran kjøretøyet er trygg for nåværende fart, kjøretøy eller kjøreforhold

Informasjonen i denne tjenesten kan påvirkes av kjøretøyets type, størrelse eller tilstand, eller førerens tilstand (som kan oppfattes av sensorer i kjøretøyet).

- *Informasjonsskjerm i kjøretøyet – forhåndsvarsling og anbefalinger* (In-vehicle signage – advance warning and advisory). Denne tjenesten skal sørge for at følgende informasjon om forhåndsvarsling og anbefalinger, som ikke dekkes i de andre tjenestene i denne gruppen, kan vises for føreren i kjøretøyet:
 - Uheldige kjøreforhold på planlagt rute eller i kjørebanen
 - Endringer i fartsgrenser
 - Endringer i værforhold
 - Innkjøring i bomring og/eller nært forestående ankomst til bomstasjon eller innkrevingszone
 - Restriksjoner for tilgang til vegen videre
 - Uberegnelig kjøring f.eks. pga. trøtthet
 - Problemer med kjøretøyets tilstand

Informasjonen i denne tjenesten kan påvirkes av kjøretøyets type, størrelse eller tilstand.

- *Spesifikk informasjon om kollektivtransportkjøretøy* (Specific public transport vehicle related information). Tjenesten skal sørge for at sanntidsinformasjon om kollektivtransportkjøretøy, deriblant informasjon fra ulike transportmidler, kan vises for reisende for beslutningstaking.

Ruteveiledning og -informasjon i sanntid (Real-time route guidance and information)

- *Dynamisk ruteveiledning i kjøretøyet vha. sanntidsinformasjon* (Dynamic in-vehicle route guidance using real-time information). Dette skal bestå av å gi kjøretøyets førere ruteveiledning i kjøretøyet som skal oppdateres underveis og baseres på informasjon om startpunkt og destinasjon, rutepreferanser, ankomsttid eller egenskaper ved kjøretøyet som føreren oppgir i forkant av reisen eller som automatisk oppgis av kjøretøyet. Det skal være mulig for ruteveiledning og oppgi rute til nærmeste hvileplass dersom førerens tilstand kan utgjøre en fare for andre trafikanter.
- *Dynamisk personlig ruteveiledning vha. sanntidsinformasjon* (Dynamic personal route guidance using real-time information). Tjenesten skal gi reisende ruteveiledning som skal være tilgjengelig gjennom en bærbar enhet som oppdateres underveis på turen. Ruteveiledningen baseres på data gitt fra brukeren i forkant av reisen eller som kan hentes fra preferanser fra brukeren på tidligere reiser.
- *Kollektivtransportspesifikk ruteveiledning* (Public transport-specific trip guidance). Denne tjenesten skal gi ruteveiledning gjennom informasjonsskjermer på kollektivtransportkjøretøyene eller ved andre tilknyttede fasiliteter. Ruteveiledningen skal være generell, og skal derfor ikke nødvendigvis omhandle reisen som tas av hver enkelt reisende. I tillegg skal det være mulig å inkludere informasjon om forventet ankomsttid for kommende kollektivruter, sanntidsinformasjon om tjenesteytelse, andre tilgjengelige tjenester på kommende holdeplasser og deres avgangstider.

Ruteveiledning til ladefasiliteter for elektriske kjøretøy (Guidance to EV charging facilities)

- *Ruteveiledning til nærmeste tilgjengelige passende ladestasjon* (Route guidance to nearest available appropriate EV charging station). Denne tjenesten skal gi dynamisk ruteveiledning til nærmeste passende ladefasiliteter. Veiledningen baseres på kjøretøytype, batterinivå og tilgjengeligheten til nærliggende ladepunkter.
- *Ruteveiledning hvis ingen ladefasiliteter er tilgjengelige* (Route guidance if no charging facility available). Denne tjenesten skal gi dynamisk veiledning til et sikkert sted dersom det ikke er mulig å nå en ladestasjon innenfor kjøretøyets rekkevidde.

Multimodal ruteplanlegging (Multi-modal trip planning)

- *Multimodal sammenliknende ruteplanlegging* (Multi-modal comparative trip guidance). Tjenesten skal muliggjøre at reisende kan planlegge reiser og sammenlikne dem. Turene skal involvere minst to ulike transportmidler, hvorav minst ett må bruke det vegnettverket for gange, sykkel, motorsykkel, bil eller kollektivtrafikk. Brukeren kan sammenlikne alternativer og velge på bakgrunn av kostnader, reisetid, antall bytter mellom transportmidler eller antall ulike transportmidler benyttet.
- *Sentralisert ruteplanlegging ved bruk av sanntidsinformasjon og informasjon om regulering* (Centralized trip planning using real-time and policy inputs). Denne tjenesten skal gi ruteplanlegging som bruker et sentralisert system tilhørende en organisasjon med tilgang til sanntidsdata om trafikk, kollektivtrafikk, vær og regulering.

Informasjon om reisetjenester (Travel services information)

- *Informasjon om reisetjenester – destinasjon* (Travel services information - destination). Tjenesten skal gi informasjon om tilgjengelige tjenester på reisens destinasjon, enten før reisen eller under reisen. Dette kan være statisk informasjon om hoteller, restauranter og andre fasiliteter, eller det kan være dynamisk informasjon om tilgjengelige hotellrom, priser på hotell og restauranter osv.
- *Informasjon om reisetjenester – nåværende lokasjon* (Travel services information – current location). Denne tjenesten skal gi informasjon om tilgjengelige tjenester på nåværende lokasjon. Dette kan være statisk informasjon om restauranter, konsertarenaer og andre fasiliteter, eller det

kan være dynamisk informasjon som forventet ankomst- og avgangstid for ulike kollektivtransportmidler, værvarsel, tidevannsvvarsling osv.

3.1.2 Europeiske rapporter og dokumenter

3.1.2.1 CEDR – MANTRA

MANTRA-prosjektet undersøker hvordan automatisering vil endre kjernevirksomheten til nasjonale vegmyndigheter med tanke på trafiksikkerhet, trafikkeffektivitet, miljø, kundeservice, vedlikehold og byggeprosesser. Prosjektet forsøker å gi et svar på hvordan dagens kjernevirksomhet innen drift & tjenester, planlegging & bygg og IKT vil endre seg i fremtiden. Prosjektet er nærmere beskrevet i kapittel 3.2.2.1, og anbefalingene i kapittel 4.1 er også delvis basert på MANTRA-prosjektet.

3.1.2.2 NAPCORE

NAPCORE (National Access Point Coordination Organisation for Europe) er en organisasjon som vil koordinere og harmonisere mer enn 30 mobilitetsdataplattformer i Europa, og utgjør med dette verdens største samarbeid om en plattform for mobilitetsdata. Organisasjonen har 36 deltakere og i tillegg 37 gjennomføringsorganer. Målet er å etablere en framtidrettet langtidsløsning for en slik felles dataplattform, men i utgangspunktet mottar organisasjonen støtte fram til slutten av 2024.

Et nasjonalt tilgangspunkt (NAP) er en node hvor ITS-relaterte data er samlet og publisert i form av datasett. De eksisterende NAP-ene er nokså ulike i oppsett og grensesnitt. Formatene og standardene er også ulike i hele Europa. NAPCORE-prosjektet ble startet for å jobbe for bedre tilpasning mellom de ulike dataplattformene. NAP-er kan lette tilgang, enkel utveksling og gjenbruk av transportrelaterte data i Europa, slik at de kan bidra til å tilby EU-dekkende interoperable reiser og trafikkjenester til sluttbrukere. Grunnlaget for opprettelsen av de nasjonale tilgangspunktene og de nasjonale organene er EUs ITS-direktiv, sammen med de delegerte forordningene som ble opprettet under det. [2]

NAPCORES nettsider presenterer funn gjort i prosjektet. "*Best Practices and recommendations for harmonised compliance assessment*" som beskriver en kartlegging av ulike praksiser gjort i 2022. I februar 2022 ble fire spørreundersøkelser distribuert til i 28 land, deriblant en rekke EU-land og Norge for å få innsikt i korrelasjoner mellom nasjonale organer og NAP, samt strukturen til nasjonale organer og autoriteter. Dette avdekket blant annet problemer med identifisering av interessenter og utilstrekkelig europeisk lovgivning. Fram til oktober 2022 hadde kun tre land (Belgia, Tyskland og Norge) begynt å etablere samsvarsvurderingsprosedyrer, som er indikert av ITS-direktivet og de delegerte forordningene. [3] Rapporten kalt: "*Synchronised compliance assessment processes and self-declaration forms*" gir en oversikt over foreslåtte harmoniserte skjemaer og prosesser for samsvarsvurdering av nasjonale organer/autoriteter i Europa. [4]

3.1.2.3 ERTRAC: New Mobility Services Roadmap

ERTRAC har utarbeidet et vegkart for delte og nye mobilitetstjenester, og definerer der hvilken forskning som kreves for å høste de potensielle fordelene de nye tjenestene kan gi, samt hvordan man kan unngå ulempene av en ineffektiv og uregulert utvikling av innovasjoner innen mobilitet. [5] Her listes også relevante EU-prosjekter opp, hvorav noen av de mest relevante er gjengitt her med en kort beskrivelse.

Ghent's TMaaS Project (2018-2020)

Den belgiske byen Gent har utviklet konseptet "Traffic Management as a Service" (TMaaS) for å overvåke og administrere trafikk for alle transportformer. Dette er en skybasert plattform som behandler multimodal mobilitetsinformasjon, og krever ingen investeringer i maskinvareinstallasjon. Byen samarbeider med ulike partnere for å samle inn og bearbeide innovative mobilitetsdata. TMaaS-plattformen analyserer informasjonen automatisk og varsler innbyggere og operatører, noe som reduserer behovet for å følge med på informasjonsskjermer og liknende. Målet var at hver liten til mellomstor by kunne abonnere på løsningen, koble seg til plattformen og dermed få tilgang til innsikt i mobilitet, trafikkstyring og kommunikasjon med innbyggerne. [6] Realiseringen av et multimodalt trafikksenter for å informere innbyggerne er et sentralt element i Gents siste mobilitetsplan. [7]

MobiDataLab Project (2021-2024)

MobiDataLab er et EU-finansiert laboratorium for prototyping av nye løsninger for deling av mobilitetsdata. Målet er å fremme datadeling i transportsektoren, gi mobilitetsorganiserende myndigheter anbefalinger om hvordan de kan forbedre verdien av dataene deres, bidra til utvikling av åpne verktøy i skyen og organisere hackathons som tar sikte på å finne innovative løsninger for konkrete mobilitetsproblemer. [8]

WECOUNT Project (2019-2021)

WECOUNT er et europeisk prosjekt for å gjøre det mulig for innbyggere å innvirke på politikktutforming ved hjelp av helautomatiserte måledata innen mobilitet og luftkvalitet. Innbyggerne kan selv utføre trafikkteiling direkte med sensorer i kombinasjon med datamaskin og programvare, og kan dermed kontakte lokale eller regionale myndigheter med oppdaterte måledata. Prosjektet rapporterer at det har produsert data på en kostnadseffektiv måte for myndighetene. De fem casestudiene i WeCount (Leuven, Madrid og Barcelona, Cardiff, Dublin og Ljubljana) utviklet gode relasjoner med beslutningstakere, noe som førte til gjensidige fordeler som f.eks. kunnskapsoverføring, nye kontakter, tilgang til populære kommunikasjonskanaler, og muligheten til å bruke sensorene for å overvåke effekten av bærekraftige mobilitetstiltak. [9]

3.1.3 Vitenskapelige artikler

Litteratursøket for trafikantinformasjon ble gjort gjennom å bruke de engelske navnene på ITS-gruppene innenfor ITS-området trafikantinformasjon som søkeord på Google Scholar. Kun resultater publisert etter 2017 er tatt med. Det er hovedsakelig sett på litteratur fra Europa, ettersom land som Kina og USA kan ha svært ulikt regelverk sammenliknet med Norge.

3.1.3.1 What Is the Impact of On-street Parking Information for Drivers?

Denne studien nevner at relevansen til parkeringsinformasjonssystemer er lite undersøkt. Her ser man på konsekvensene av å gi sjåførene ulik parkeringsinformasjon mens de leter etter en parkeringsplass. I forsøkene, basert på parkeringsdata fra San Fransisco, så man på et scenario hvor sjåføren ikke fant ledig parkeringsplass på sin destinasjon og måtte finne en ny rute. Tre ulike scenarioer ble undersøkt:

1. Ingen informasjon om parkeringstilgjengelighet
2. Statisk informasjon om kapasiteten til en vegstrekning og midlertidige parkeringsrestriksjoner
3. Sanntidsinformasjon samlet fra stasjonære sensorer

Studien viste betydelig mindre behov for leting etter ledig parkeringsplass når føreren hadde mer informasjon, men at sanntidsinformasjon kun hadde begrenset forbedring sammenliknet med statisk informasjon. [10]

3.1.3.2 Development of a Data-Driven On-street Parking Information System Using Enhanced Parking Features

Parkeringsinformasjonssystemer kan bidra til å redusere trafikkbelastningen i byene ved å redusere tiden en bruker på å lete etter ledig parkeringsplass. Nåværende systemer er hovedsakelig avhengige av manuelle observasjoner for å opprettholde høy kvalitet. Denne studien foreslår et "on-street parking information system" som predikerer tilgjengelige parkeringsplasser og har en tilleggskomponent som gir informasjon om "on-street"-parkeringsatferd ved hjelp av et datasett for parkeringshendelser.

Den utviklede prediksjonsmodellen og metodikken for parkeringstilgjengelighet kan være et konkurransedyktig alternativ til eksisterende modeller som hovedsakelig er avhengige av "Ground truth"-observasjoner og kan ha flere adaptive og dynamiske funksjoner enn andre eksisterende metoder. Ved å bruke prediksjonsmetoder som baseres på å innhente parkeringsinformasjon fra selve kjøretøyet, kan man redusere frekvensen av innsamling av Ground truth-data. Ground truth-datainnsamling var likevel nødvendig i perioder, og man regner med at rask prosessering av videoer og bilder vil være en gamechanger framover. [11]

3.1.3.3 Spatiotemporal Variation of Traffic Conflict at Signalized Intersections under Non-Lane-Based Traffic Condition

Flesteparten av ulykkene observert i lyskryss består av påkjørsel bakfra som følge av en rekke handlinger under endring av lyssignal. Denne studien utforsker den fysiske plasseringen og tidsmessige variasjonen av påkjørsler bakfra. Resultatene viste at flesteparten av disse påkjørslene skjedde i starten av rødt og grønt lyssignal på oppstrøms side av lyskrysset. Studien konkluderer med at en måte å redusere slike ulykker på er å integrere et sanntidsdisplay eller lydvarslingsystem i kjøretøyet, for å minne føreren på å redusere hastigheten inn mot lyskrysset. [12]

3.1.3.4 The impact of an in-vehicle display on glance distribution in partially automated driving in an on-road experiment

Artikkelen trekker fram utfordringen med å gi informasjon til føreren og samtidig unngå distraksjon av føreren. Studien så på sjåførens blick som en indikasjon på distraksjon ved bruk av et delvis automatisert kjøretøy. Det ble utført forsøk på en tungt trafikkert motorveg som sammenliknet to versjoner av en skjerm i kjøretøyet under delvis automatisert kjøring og ingen skjerm under manuell kjøring. Visuell oppmerksomhet ble flyttet bort fra å overvåke trafikkbildet til å se på bilens display i betydelig grad. En analyse av varigheten til hvert blick tyder imidlertid på at bruk av delvis automatisering og informasjonsskjerm ikke fører til en kritisk økning i distraksjon. Kjøring med en forenklet versjon av informasjonsskjerm hadde potensial til å redusere blickvarigheten på og dermed potensiell distraksjon av bilens display. [13]

3.1.3.5 Looking forward: In-vehicle auxiliary display positioning affects carsickness

Bilsyke blir forbundet med at syns- og balanseinntrykk ikke stemmer overens. Denne studien evaluerer effekten posisjonen til skjermer i kjøretøyet har på reisesyke hos passasjerer ved å sammenlikne to ulike plasseringer av skjermen foran passasjeret foran i bilen:

- 1) I øyehøyde foran frontruten, som gir passasjerer perifert utsyn til utsiden av bilen
- 2) I høyde med hanskerommet, som kun ga passasjerer begrenset utsyn til utsiden av bilen

Studien konkluderer med at en skjerm plassert i høyde med frontruta gir mindre reisesyke, sammenliknet med skjerm i høyde med hanskerommet. [14]

3.1.3.6 Employing Emerging Technologies to Develop and Evaluate In-Vehicle Intelligent Systems for Driver Support: Infotainment AR HUD Case Study

Denne artikkelen nevner at mange infotainment-enheter for bruk i kjøretøy leverer så mye informasjon at det blir overveldende for føreren, og dermed øker sannsynligheten for kollisjoner. Denne studien undersøker et alternativ som søker å administrere innkommende informasjon og deretter presentere den på en ryddig måte til rett tid, samt å håndtere den innkomne dataen på en sikker måte. Dette gjøres ved bruk av et AR "head-up display" som projiserer informasjonen innenfor sjåførens synsfelt. Forsøkene ble gjort i en fullskala VR-simulator som setter sjåførene i utfordrende scenarier med kollisjonsfarer. Alternativet ble sammenliknet med et typisk "head-down display", og viste 64 % bedring i kollisjonsunngåelse. [15]

3.1.3.7 Towards Designing Affect-Aware Systems for Mitigating the Effects of In-Vehicle Frustration

Førerens tilstand og humør, som frustrasjon og sinne, kan føre til aggressivitet og dermed påvirke sjåførens kjørestil negativt. Denne studien viser til tidligere forskning på systemer som kan gjenkjenne sjåførers tilstand, som aggressivitet, og foreslår fire måter man kan støtte følelsesreguleringen på. Metodene skal forhindre negative konsekvenser ved bruk av lysmønstre i bilen. [16]

3.1.3.8 Electric Vehicle Charging Process and Parking Guidance App

Studien presenterer et informasjonssystem for å håndtere problemet med sanntidsveiledning til ledige ladeplasser i by. Uten et tilgjengelig sanntidssystem for å gi informasjon om en ladeplass er ledig eller opptatt, bruker studien historikk, prognoser og samarbeidsalgoritmer for å anslå om ladeplassen er tilgjengelig eller ikke. Siden antallet elektriske biler øker, vil problemet med å finne ledige ladeplasser øke inntil man har en god veiledningstjeneste for dette. Dette kan i tillegg til å gå ut over el-bilførerne, også gå ut over all trafikk i nærheten av ladestasjonene. Modellen som er utviklet i denne studien kan også brukes i andre byer ved å gi input i form av lokale historiske data. [16]

3.1.3.9 A traffic-aware electric vehicle charging management system for smart cities

I dette arbeidet foreslås en ordning for å styre el-bilenes ladeplanlegging, med fokus på valg av ladestasjon. Ordningen vurderer forventede reserverasjoner av ladestasjonen gjennom et "ad hoc-nettverk" for kjøretøy (VANET), som anses som et kostnadseffektivt rammeverk for kommunikasjon. Spesifikt vurderes to aspekter:

- 1) El-bilens totale reisetid mot sin destinasjon sett i betraktning av en mellomlading ved hver ladestasjonskandidat.
- 2) Kommunikasjonsforsinkelsen til VANET-ruteprosedyren.

For å estimere el-bilens totale reisetid, tar studien hensyn til gjennomsnittlig veiastighet, trafikklys og ruteavstand langs veien til el-bilen. Ladestasjonen som gir den minste totale ladetjenestetid foreslås for el-bilen. Deretter introduseres to kommunikasjonsmodi basert på geografiske ruteprosedyrer for VANET-er for å få en forventet ladeplassreservasjon. Simuleringsresultater viser at denne ladeordningen reduserer ladetiden til el-biler og dermed at flere el-biler kan lades. [18]

3.1.4 Relevant informasjon fra næringen

3.1.4.1 EnTur

Entur samler informasjon og data fra busser, trikker, tog, baner, ferger, sparkesykler og bysykler til én app – en nasjonal reiseplanlegger som gir alternativer fra alle kollektivselskaper i hele landet hvor man også kan kjøpe billetter. EnTur er opprettet og eid av Samferdselsdepartementet i den hensikt å tilby kollektivtransporten tjenester for reiseplanlegging og billettering på konkurransenøytrale vilkår. Dette for å oppnå transportpolitiske mål som enklere reiser, mer for pengene, bruk av ny teknologi, klima- og miljømål og nullvisjon for drepte og hardt skadde i trafikken [19]. EnTur deltar i flere utviklingsprosjekter, blant annet ved å jobbe for mer datadeling mellom samferdselsaktører. Ved at reisende for eksempel kan få informasjon om togforsinkelser før de er på perrongen, kan de ta andre valg for å rekke jobb. Får reisende informasjon om prediksjoner for antall mennesker på en avgang eller hvor lang tid det vil ta å rette en oppstått feil, kan de velge en annen avgang eller et annet reisemiddel for å unngå trengsel eller å nå destinasjonen til rett tid [20]. Datasett blir gjort tilgjengelig i en åpen datakatalog [21]. EnTur påpeker at bedre informasjon om reisestrømmer også er positivt for myndighetene, da dette kan gjøre det mulig å utnytte kapasiteten i transportsystemet bedre. Informasjon om trafikkregulering på vegnettet muliggjør bedre framkommelighet og dermed kortere reisetider. For at flere skal reise kollektivt, jobber også EnTur med å innføre mer fleksible billettyper og forretningsmodeller, som blant annet kan passe bedre etter at bruken av hjemmekontor har økt. Dette er en jobb som kunne vært enklere om det hadde eksistert felles standarder for regelverk, systemer og billettyper blant de ulike kollektivselskapene [22].

3.1.4.2 Forskning på bruk av berøringsskjerm i bil

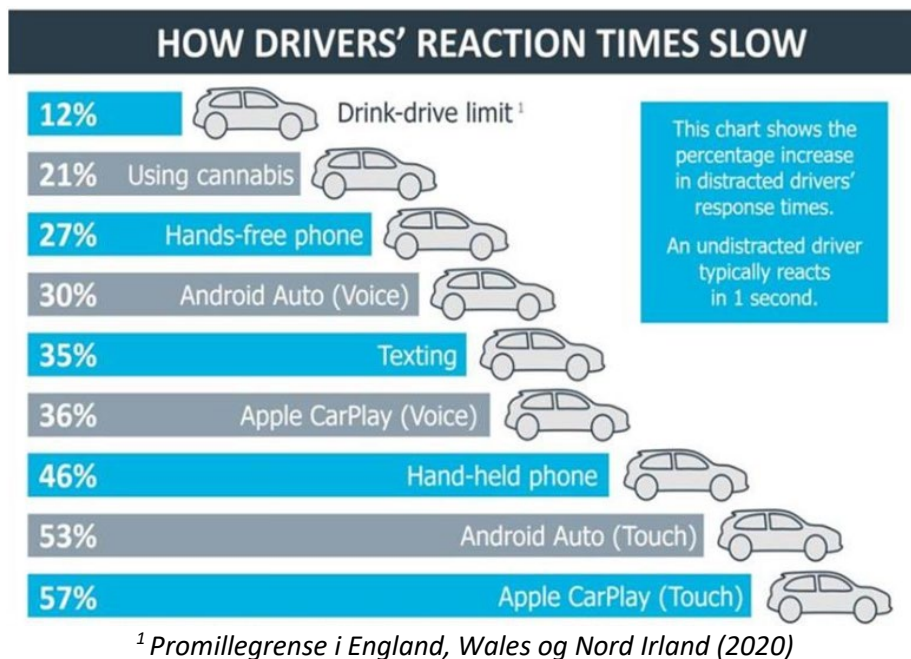
SINTEF, Trygg Trafikk og Fremtind forsikring har et pågående forskningsprosjekt om følgene av infotainmentskjerm i bil. Foreløpige hovedfunn fra undersøkelsen viser at:

- 73% bruker skjermen 1-5 ganger i løpet av en kjøretur
- De fleste bruker skjermen oftest til å sette på/bytte radiokanal
- 36 % mener skjermen gjør dem mer uoppmerksomme i trafikken

Dette prosjektet kan være svært relevant med tanke på effektiv formidling av informasjon til sluttbrukere uten at det skal gå på bekostning av trafikksikkerhet. [23]

3.1.4.3 Infotainment safety concerns - Interacting with Android Auto and Apple CarPlay when driving: The effect on driver performance

Forskning fra engelske TRL (Transport Research Laboratory) og IAM RoadSmart viser at de nyeste infotainmentsystemene i kjøretøy svekker førerens reaksjonstid mer enn bruk av alkohol og cannabis. Reaksjonstiden ved motorveghastighet øker gjennomsnittlig stopplengde med mellom fire og fem billengder. Førere kunne ha blikket av vegen i så lenge som 16 sekunder, og bruk av berøringsskjerm resulterte i lengre reaksjonstid enn ved teksting under kjøring. [24]



Figur 1: Prosentøkning i responstid for sjåfører som blir distraherert (Kilde: [25]).

3.2 ITS-tjenester relatert til trafikkstyring

3.2.1 De mest aktuelle tjenestene

Den internasjonale standarden ISO14813-1 [36] definerer et sett med ITS-tjenester relatert til trafikkstyring (traffic management), og flere av disse er relevant mht. C-ITS, CCAM, fysisk og digital infrastruktur. De ITS-tjenestene som er funnet å være de mest relevante er listet opp nedenfor. En mer detaljert beskrivelse av de ulike tjenestene er beskrevet i [36]. ISO-standardens betegnelse er gitt i parentes.

Trafikkstyring og regulering (Traffic management and control)

- **Trafikkovervåking** (Traffic monitoring). Tjenesten skal muliggjøre overvåking av trafikkforholdene i vegnettverket. Dataene som skal overvåkes skal omfatte noen eller alle av følgende:
 - Trafikkflyt (et mål som viser antall kjøretøy som passerer bestemte punkter)
 - Trafikkhastighet (for kjøretøy som passerer bestemte punkter)
 - Avstand mellom kjøretøy (på bestemte punkter og kjørefelt)
 - Kjø (definert som plasseringen av stasjonær trafikk på bestemte punkter)
- **Trafikkstyring av vegnett uten planskilte kryss** (Surface street traffic management). Denne tjenesten skal gjøre det mulig å styre trafikkflyten i vegnett uten planskilte kryss på en eller flere av følgende måter:
 - Lokal kontroll: Bruk av trafikksignal som kun tar hensyn til lokale forhold
 - Kjøretøyaktivert kontroll: Bruk av trafikksignal som selv detekterer tilstedeværelse av kjøretøy
 - Forhåndsprogrammerte trafikksignal med fast tidskontroll
 - Fotgjengerkontroll ved hjelp av:
 - Trafikksignal som kan svare på krav fra fotgjengere om å få krysse veibanen
 - Uten innspill fra fotgjengere
 - Adaptiv kontroll



- Ingen kontroll – trafikken får flyte uten å bli administrert
- *Motorveg trafikkstyring – rampestyring* (Freeway traffic control – ramp management). Tjenesten skal muliggjøre kontroll av ramper som gir tilgang for kjøretøy til motorveier for å forbedre trafikkflyten.
- *Motorveg trafikkstyring – hastighet og kjørefeltstyring* (Freeway traffic control – mainline speed and lane management). Tjenesten skal gjøre det mulig å styre trafikkflyten på motorveier. Dette kan gjøres ved å styre fartsgrenser eller bruk av kjørefelt.
- *Preferansebehandling for spesifikke kjøretøytyper (signalprioritet og forkjørsrett)* (Preferential treatment for specific vehicle types (signal priority and preemption)). Tjenesten skal gjøre det mulig å prioritere måten bestemte kjøretøytyper kan bevege seg gjennom det styrte (regulerte) vegnettet. Dette kan f.eks. gjelde prioritet for offentlig transport eller utrykningskjøretøy.
- *Reversibel kjørefeltstyring* (Reversible lane management). Tjenesten skal gjøre det mulig å endre retningen av trafikkstrømmen i et kjørefelt i vegnettet.
- *Koordinering av trafikkstyring på veg med og uten planskilte kryss* (Coordination of surface street and freeway traffic management). Tjenesten skal koordinere bruk av motorvei med bruk av resten av vegnettet for å oppnå mer balansert trafikkflyt. Dette kan være for å redusere kø eller ved stenging av veg.
- *Multimodal styring av vegkryss* (Multi-modal highway junction management). Denne tjenesten skal muliggjøre administrasjon av intermodale motorveikryss ved bruk av et av følgende tiltak:
 - Stans av en av reisemåtene for å gi prioritet til en eller flere andre transportformer, f.eks. stoppe vegtrafikk for å tillate tunge eller lette tog å bevege seg gjennom krysset, eller stenging av deler av det styrt vegnettet for å tillate en bro over en elv eller kanal å åpne for vannbåren trafikk.
 - Anvendelse av en midlertidig hastighetsbegrensning på en eller flere transportmodi slik at de ikke bringes til et fysisk stopp ved passasje av kjøretøy som bruker en eller flere av de andre modusene.
- *Parkeringshåndtering* (Parking management). Tjenesten skal muliggjøre bruk av parkeringsarealer innenfor det styrte vegnettet. Dette kan gjøres ved blant annet å gi sanntidsinformasjon til sjåførere om ledige plasser, identifisere kjøretøy som overskrider maks tid på parkeringsplasser eller gjøre det mulig å åpne/stenge parkeringsområder i perioder.
- *Trafikkstyring i vegarbeidssone* (Work zone traffic management). Denne tjenesten skal gjøre det mulig å styre trafikkflyten som passerer arbeidssoner (veiarbeid) vha. blant annet:
 - Fartsbegrensninger
 - Kjørefeltstyring for å sikre sikkerheten til både veiarbeidere og forbipasserende trafikk
 - Fysiske barrierer for å sikre sikkerheten til begge veiene, arbeidere og forbipasserende trafikk
 - Midlertidig stenging
 - Forhåndsvarsel til sjåførere
- *Trafikkveiledning og varslingsinformasjon* (Traffic advisory and warning information). Denne tjenesten skal gjøre det mulig å gi trafikkveiledning og varslingsinformasjon til sjåførere om blant annet forsinkelser, alternative ruter og effekt av overbelastning eller ugunstig vær på hastighet og reisetid.
- *Varsling og omdirigering av kjøretøy med overdimensjon/overvekt* (Vehicle oversize/overweight warning and re-routing). Tjenesten skal gjøre det mulig å oppdage (ved bruk av sensorer) kjøretøy med følgende egenskaper:
 - En eller flere av dens dimensjoner, dvs. lengde, bredde eller høyde, overstiger det som er definert som tillatt på vegstrekningen.
 - Kjøretøyets vekt overstiger det som er definert som tillatt på vegstrekningen.

Dersom kjøretøyet ikke er definert som tillatt, skal sjåføren bli varslet om dette og omdirigert til alternativ rute.

- *Kødeteksjon og informasjonshåndtering* (Queue detection and information management). Tjenesten gjør det mulig å detektere kø samt gi informasjon om kø til sjåfører.
- *Styring av tunneltilgang og omdirigering* (Tunnel access management and re-routing). Denne tjenesten skal gjøre det mulig å oppdage og overvåke forholdene inne i vegtunneler som inngår i vegnettet og basert på dette gi informasjon om eventuelle stenginger eller begrenset tilgang til sjåfører.
- *Administrering av brotilgang og omdirigering* (Bridge access management and re-routing). Tjenesten skal muliggjøre overvåking av forholdene på bruer som inngår i vegnettet og gi informasjon eventuelle stenginger eller begrenset tilgang til sjåfører, fotgjengere og syklistere.

Transportrelatert ulykkes håndtering (Transport related incident management)

- *Ulykkesovervåking og bekreftelse* (Incident monitoring and confirmation). Denne tjenesten skal gjøre det mulig å oppdage og bekrefte at en ulykke som påvirker trafikkflyten i vegnettet har skjedd.
- *Førerassistanse på ulykkesstedet* (Incident on-site driver assistance). Denne tjenesten skal gjøre det mulig å distribuere ressurser til ulykkesstedet for å yte assistanse til en sjåfør. Denne hjelpen omfatter noen eller alle av følgende typer: Fjerning av kjøretøy, tauing av kjøretøy til verksted, reparasjon av kjøretøy, fjerning av last.
- *Assistanse for reisende på ulykkesstedet* (Incident on-site traveller assistance). Denne tjenesten skal gjøre det mulig å distribuere ressurser til ulykkesstedet for å gi assistanse til reisende. Dette gjelder blant annet følgende typer hjelp: Medisinsk assistanse, forflytting av den reisende, råd om endring av reiserute, råd om plassering av hotell/restaurant/sykehus o.l., råd om alternativ transport.
- *Hendelseskoordinering og klarering* (Incident co-ordination and clearance). Tjenesten skal koordinere responsen på et ulykkessted og klarere eventuelle hendelser som har potensial til å påvirke trafikantene. Dette vil ofte gjelde bistand fra nødetater, bergingsbiler e.l.
- *Overvåking og håndtering av farlige materialer* (Hazardous materials monitoring and management). Tjenesten skal administrere kjøretøy som frakter farlig materialer gjennom vegnettet. Ruten gjennom vegnettet skal planlegges og overvåkes og nødetater skal varsles dersom det er fare for andre trafikantene.
- *Innsamling av hendelsesdetaljer fra andre kjøretøy* (Collection of incident details from other transport modes). Tjenesten skal muliggjøre innsamling av detaljer om hendelser fra andre kjøretøy og kan inkludere informasjon om f.eks. type kjøretøy, lokasjon, alvorlighetsgrad, involvering av nødetater.

Styring av etterspørsel (Demand management)

- *Variabel vegprising – dedikert kjørefelt* (Variable road pricing – dedicated lane). Denne tjenesten omhandler vegprising for dedikerte kjørefelt i vegnettet. Vegprisen kan være fast eller varieres etter f.eks. tid på dagen og i året. Det skal være mulig å skifte vegpris flere ganger i løpet av dagen og informasjon til sjåfører om pris og eventuelle endringer må være tilgjengelig.
- *Variabel vegprising – større deler* (Variable road pricing – entire facility). Tjenesten skal gjøre det mulig å sette en pris for kjøring i en bestemt del av det styrte vegnettet. Prisen skal kunne variere for f.eks. forskjellige tider på døgnet. Indikasjoner om pris eller endring i pris skal gis til alle sjåfører på en måte som er tydelig og lett å oppfatte.

- *Stenging eller vegprising i soner med kø* (Cordon and zone-based congestion pricing). Tjenesten skal gjøre det mulig å anvende vegprising eller stenge for bruk av deler av vegnettet ved mye trafikk (kø).
- *Tilgangsadministrasjon* (Access management). Tjenesten skal administrere tilgang til hele eller deler av vegnettet f.eks. basert på kjøretøystørrelse, kjøretøylast, tid på døgn/året eller trafikkforhold. Informasjon om tilgang skal kunne oppfattes samtidig som kjøretøyet er i fart, og må gis på passende steder for alternative vegvalg.
- *Styring av kollektivfelt* (High-occupancy lane management). Omfanget av denne tjenesten skal muliggjøre forvaltning av kjørefelt i vegnettet som brukes av kjøretøy med mer enn én passasjer og skal kunne styres basert på følgende kriterier: Antall passasjerer i kjøretøyet, type kjøretøy, tid på dagen, dag i året, reiseretning.
- *Luftkvalitets- og forurensningsbasert veitransportstyring* (Air quality-and pollution based road transport management). Tjenesten skal gjøre det mulig å styre bruken av vegnettet i henhold til luftkvaliteten som oppleves av trafikanter. Kjøretøyer skal kunne utelukkes fra bruk av områder i vegnettet med lav luftkvalitet eller høy forurensning.

Styring av vegvedlikehold (Road transport infrastructure maintenance management)

- *Vinterdrift* (Winter maintenance). Denne tjenesten skal muliggjøre vintervedlikehold (f.eks. brøyting eller salting) langs vegnettet.
- *Vedlikeholdsstyring av veier* (Roadway maintenance management). Tjenesten skal muliggjøre administrasjon av planlagt og uplanlagt vedlikehold i vegnettet på en måte som holder vegsystemet i en stand som er hensiktsmessig for fortsatt bruk på forventet trafikknivå, uten å medføre fare for trafikantene.
- *Sikkerhetsstyring i arbeidssoner* (Work zone safety management). Omfanget av denne tjenesten skal gjøre det mulig å styre områder med vegarbeid ved bruk av ulike virkemidler som f.eks. nedsatt hastighet, stenging av vei, restriksjoner på kjøretøystørrelse o.l.
- *Vedlikeholdsflåte og utstyrsoversikt* (Maintenance fleet and equipment management). Tjenesten skal gjøre det mulig å administrere flåten av kjøretøyer involvert i vedlikehold av vegbanen (f.eks. brøyteutstyr). Tjenesten innebærer også å ha oversikt over utstyr som brukes til vedlikeholdsaktiviteter.

Sikkerhetsforbedringer for sårbare trafikanter (Safety enhancements for vulnerable road users)

Tjenestegruppen omfatter levering av tjenester som øker sikkerheten til sårbare trafikanter, som skal defineres som fotgjengere som bruker gater, veier og motorveier uten å dra nytte av beskyttelsen som tilbys med en bil eller lastebil og:

- a) Har nedsatt syn, f.eks. fargeblindhet
- b) Er blinde og kan støttes av en førerhund
- c) Er døv
- d) Har begrenset bevegelsesevne

Tjenestene i denne gruppen skal gjøre det mulig for personer med noen av de ovennevnte funksjonshemmingene å kunne krysse det administrerte vegnettet på bestemte steder.

- *Overvåking av ikke-motoriserte kjøretøy og fotgjengere* (Non-motorized vehicle and pedestrian monitoring). Denne tjenesten skal muliggjøre forflytning av sårbare trafikanter gjennom veinettet, inkludert steder hvor de er i stand til å krysse den normale flyten av vegtrafikk.
- *Systemer for å overvåke spesialiserte kjøretøy* (Systems to monitor specialized vehicles). Tjenesten overvåker omfanget av spesialiserte kjøretøy i vegnettet. Begrepet spesialiserte kjøretøy brukes

om kjøretøy som benyttes til vedlikehold eller som frakter spesiell last. Det omfatter også kjøretøy tilhørende nødetatene.

- *Adkomst til vegkryss for sårbare trafikanter (Access to roadway crossings for vulnerable road users).* Tjenesten skal gjøre det mulig for alle sårbare trafikanter å krysse det styrte vegnettet på en trygg måte.

Sikkerhetsbestemmelser for fotgjengere som bruker intelligente vegkryss og lenker (Safety provisions for pedestrians using intelligent junctions and links)

- *Fotgjengertilgang i intelligente veikryss (Provide pedestrian access at intelligent junctions).* Tjenesten skal gjøre det mulig for fotgjengere å krysse vegen i intelligente kryss. Tilstedeværelse av fotgjengere skal være mulig å oppdage, og dette skal inngå som input til styringen av de intelligente kryssene.
- *Overvåkning av fotgjengere ved bruk av intelligente veglenker (Monitor pedestrians using intelligent links).* Tjenesten skal gjøre det mulig for intelligente veglenker å gi advarsler om tilstedeværelse av fotgjengere til alle typer trafikanter. Advarselen skal gis når en fotgjenger enten er på vei mot en veglenke eller befinner seg i selve veglenken.

Forhåndsvarsling i intelligente vegkryss (Advanced warnings provided by intelligent junctions)

- *Forhåndsvarsling av trafikksignal (Signal display advance warning).* Tjenesten skal gjøre det mulig å gi forhåndsvarsling om nært forestående endringer i trafikksignalet i vegkryss. Varslene skal gis av hørbare og/eller visuelle indikasjoner som er lett å forstå for alle typer reisende, inkludert syklist, fotgjengere og sårbare trafikanter.
- *Forhåndsvarsling for møtende kjøretøy i vegkryss uten signal (Oncoming vehicle advance warning (for non-signalized junction)).* Tjenesten skal gjøre det mulig å gi avanserte varsler om tilstedeværelse av andre trafikanter til bilførere, syklist, fotgjengere og sårbare trafikanter når de nærmer seg vegkryss uten signal. Varslene som vises, skal inneholde en kortfattet presisering av forkjørsrettens regler slik at trafikantene er i stand til å avgjøre om de forventes å vike eller stoppe.

3.2.2 Europeiske rapporter og dokumenter

3.2.2.1 CEDR-prosjekter

CEDR (Conference of European Directors of Roads) er vegmyndighetenes plattform for samarbeid og fremming av forbedringer av vegsystemet og dets infrastruktur. Medlemmene representerer sine respektive nasjonale vegmyndigheter og gir støtte og råd om beslutninger som gjelder vegtransportssystemet på både nasjonalt og internasjonalt nivå. Her trekkes det frem to prosjekter som er knyttet til CEDRs internasjonale forskningsprogram; MANTRA [41] og TM4CAD [64].

CEDR MANTRA – Making full use of Automation for National Transport and Road Authorities

MANTRA svarer på spørsmålene til CEDR Automation Call 2017: Hvordan vil automatisering endre kjernevirksomheten til nasjonale vegmyndigheter? I detalj betyr dette å finne ut hva som er påvirkningene av automatisering på kjernevirksomheten til vegmyndigheter med tanke på trafikksikkerhet, trafikkeffektivitet, miljø, kundeservice, vedlikehold og byggeprosesser. Videre, hvordan vil dagens kjernevirksomhet innen drift & tjenester, planlegging & bygg og IKT endre seg i fremtiden?

MANTRA-prosjektet var aktivt fra 2018-2020 og rapporten fra arbeidspakke 4 [26] omhandler konsekvenser av C-ITS på infrastrukturen med et spesielt fokus på vegmyndighetens rolle, samt anbefalinger om nødvendige endringer. Nedenfor oppsummeres anbefalinger om nødvendige endringer

innenfor trafikkstyring. Anbefalingene er basert på informasjon innhentet via workshops, dybdeintervjuer med eksperter, litteraturl gjennomgang og funn fra pågående prosjekter.

Trafikkstyring: Teknisk handler trafikkstyring om å etablere sanntids toveis-kommunikasjon mellom trafikkstyringsenhet og kjøretøy. Trafikkstyringssentralene og vegkantsystemene må kobles til kjøretøyene, sannsynligvis via flåteforvaltere (fleet managers), Original Equipment Manufacturer (OEM) eller tjenesteleverandører i skyen. Kommunikasjonen bør også brukes til å dele sikkerhetsdata og trafikkstyringsrelaterte data som f.eks. trafikkregler og forskrifter relatert til kjøretøyets ODD (operational design domain). Datasikkerhet på høyt nivå er nødvendig, og cybersikkerhet og personvern vil være viktige punkter som må hensyntas.

Mest sannsynlig må innholdet i trafikkstyringsplanene utvikles i løpet av hele overgangsperioden fra fullt menneskelig betjente kjøretøy til en situasjon hvor nær 100 % av kjøretøyene er automatiserte. De digitale trafikkstyringssystemene vil også kunne gi sanntidsinformasjon til HD-kart og lokale dynamiske kart i kjøretøyene. Det må utvikles standarder for utveksling av digitale trafikkregler, trafikkstyringsplaner, ODD-administrasjonsrelaterte data og andre aktuelle data.

I et transportsystem som inneholder automatiserte kjøretøy med forskjellige bruksområder, kapasiteter og tilpasset forskjellige ODD-er, må vegmyndigheters rolle som mobilitets- og trafikkansvarlig sikres juridisk. Altså må trafikkstyringsplaner og digitale trafikkforskrifter gjøres juridisk bindende for alle operatører av kjøretøy (inkludert automatiserte kjøresystemer). Det bør også stilles krav til produsenter av kjøretøy og automatiserte kjøresystemer om deling av sikkerhets-, trafikkadministrasjons- og ODD-relaterte data.

Vegarbeid: Vedlikeholdsarbeid kombinert med trafikkstyring og automatisering kan bidra til å øke sikkerheten for driftsarbeidere så vel som trafikanter. I tillegg vil det kunne forbedre trafikkflyten og optimalisere driftskostnadene. Hovedkonklusjonen på nødvendige infrastrukturendringer for å forbedre drift er behovet for tilkobling av operative kjøretøy og vegvedlikeholdsarbeidssoner med et trafikkstyringssenter utstyrt for å informere automatiserte og konvensjonelle kjøretøy i sanntid om slike arbeider.

Tradisjonelt vegarbeid på motorveien (inspeksjoner, mindre reparasjoner, vintervedlikehold, ulykkehåndtering osv.) utføres i dag av operative arbeidere som alltid er i faresonen og utfører arbeidet i et miljø med høyhastighetstrafikk rett ved siden av. Å få på plass støtte i de mest kritiske operasjonelle oppgavene, som beskyttelse av arbeidssoner i hurtige kjørefelt eller vintervedlikehold med automatiserte førerløse kjøretøy vil fjerne de største faremomentene. Slike tiltak krever ikke endringer på den fysiske infrastrukturen, men heller videreutvikling av den teknologiske beredskapen til systemene i tillegg til endring i juridiske rammeverk. Digital infrastruktur som muliggjør nøyaktig posisjonering og kommunikasjon med en trafikkstyringssentral er viktig. Ubemannede kjøretøy er ikke tillatt på europeiske veier. Dette inkluderer også vedlikeholdskjøretøy som automatiserte sikkerhetsbiler, brøytebiler eller klipperoboter. Endringer i lovgivningen er nødvendig for å tillate dette.

Vegarbeid kan også dra nytte av nye tilstandsdatakilder som er muliggjort gjennom ekstra kjøretøysensorer og V2I-kommunikasjon. I fremtiden bør innsamling av vegtilstandsdata som sprekker, spor o.l. fra automatiserte kjøretøy gjennom V2I-kommunikasjon.

Trafikkinformasjon: Rollen til trafikkinformasjon endrer seg med fremveksten av C-ITS. Frem til nå har trafikkinformasjon basert seg på å gi informasjon om trafikkforhold og problemer på vegnettet til sjåføren, for så å la sjåføren ta avgjørelser selv. Nå er trafikkinformasjonens rolle i endring på grunn av dens økende betydning for transportsystemet. Det som før var ønskelig informasjon for menneskelige sjåførere, er avgjørende for automatiserte kjøretøy. Svært automatiserte kjøretøy må være oppmerksomme på alt som skjer på ruten videre, også utover sine egne sensorer.

Automatiserte kjøretøy med avanserte sensorer vil være en del av løsningen selv da de selv kan samle inn data som kan deles. Forutsetningen for en slik forbedring er at involverte er villige til det dele sine data. Mens datadeling kan oppnås basert på frivillig samarbeid, er det mest sannsynlig nødvendig med regulering for å oppnå deling av sikkerhetsrelaterte data.

For å sikre kvaliteten på trafikkinformasjonen, må interessenter bruke hensiktsmessige kvalitetssikringsmetoder og prosesser. Selv om dette er standard praksis for kommersielle interessenter, har mange vegmyndigheter og operatører ikke en slik kvalitetssikring på plass.

Ulykkeshåndtering: Ulykkeshåndtering er nært knyttet til trafikkstyring. Her er det igjen viktig med kommunikasjon: Man må informere trafikanter raskt gjennom digitale vegskilt og V2I-kommunikasjon om enhver ulykke. I tillegg må informasjonen også kunne gå andre veien: Bruk av digital infrastruktur og informasjon fra sensorer, kameraer og kjøretøy må gjøre trafikkstyringssentralen så raskt som mulig oppmerksom på en ny hendelse.

Alle nye kjøretøy siden 2018 er utstyrt med en såkalt eCall-funksjon som automatisk ringer Europas nødnummer 112 i tilfelle en alvorlig trafikkulykke og kommuniserer kjøretøyets plassering til nødetatene. Denne informasjonen bør også gis direkte til det ansvarlige trafikkstyringssenteret for å fremskynde krisehåndteringen.

Begrepet "sikkerhetskritiske data" må defineres ytterligere og forskrifter gis tilsvarende for å muliggjøre sikker deling av slike data i tilfelle en krise.

ITS-systemer: I tillegg til variable og statiske meldingsskilt har vegoperatørene rustet opp vegene med vegstasjoner som har overvåkingssystemer (radar og annen trafikkdetektorer, værsensorer, kameraer osv.). Den økende mengden automatiserte kjøretøy vil gjøre det mulig å innhente overvåkingsdata fra hele vegnettet i stedet for kun ved faste punkter. Til tross for dette bør vegoperatørene fortsatt vedlikeholde og montere faste overvåkingsstasjoner da data fra disse vil kunne være til nytte.

Automatisert kjøring gjør transportsystemet i økende grad avhengig av digital og kommunikasjonsinfrastruktur, hvorav de fleste krever elektrisk kraft for å fungere skikkelig. Det vil derfor være viktig at løsninger for å redusere virkningene av strømbrudd utvikles og distribueres.

CEDR TM4CAD – Traffic Management for Connected and Automated Driving

Dette prosjektet [64] ser på rollen til infrastruktur for å skape mer bevissthet mht. ODD- (Operational Design Domain) for automatisert kjøring. Dette vil skje på tvers av ulike nivåer for infrastrukturstøtte for automatisert kjøring, dvs. ulike ISAD-nivåer. Prosjektet er svært relevant for temaet trafikkstyring. Mer detaljer om prosjektet er gitt i avsnitt 3.3.6.2.

3.2.2.2 Pågående EU-prosjekt

Den fullstendige listen over FoU-prosjekter lansert innenfor Connected, Cooperative and Automated Mobility (2021-2027 Horizon Europe) er vist i

Tabell 2. Flere av disse prosjektene er også relevant for trafikkstyring. I tillegg trekkes prosjektet ESRIUM frem og en kort beskrivelse er gitt nedenfor.

ESRIUM - EGNSS-enabled Smart Road Infrastructure Usage and Maintenance for increased energy efficiency and safety on European road networks

ESRIUM er et pågående forskningsprosjekt under EU-programmet Horizon 2020. ESRIUM-prosjektet [43] vil utvikle en tjeneste som gir pålitelig vegskadedeteksjon, lokalisering og informasjon for å øke trafikksikkerheten. Prosjektet vil skape en innovativ dataplattform som inneholder svært detaljerte EGNSS (European global navigation satellite system)-refererte kartdata over vegdekkeskader og vegslitasje. Denne plattformen vil inneholde unik informasjon og presise rutebefalinger som lar vegoperatører optimalisere

planlegging, redusere vegvedlikeholdskostnader og øke trafikksikkerhet. ESRIUM vil bruke samarbeidende infrastruktur for intelligente transportsystemer og EGNSS-basert lokalisering i planleggingen av banene til automatiserte kjøretøy, og dermed også støtte kravene til den voksende automatiserte kjøretøysektoren.

3.2.2.3 GeoSense - Geofencing strategies for implementation in urban traffic management and planning

Prosjektet GeoSense [30] skal utarbeide løsninger for bruk av geofenceteknologi og -systemer for bedre sikkerhet, trafikkflyt og miljø i byområder. GeoSense adresserer tema som brukeraksept, myndighetsperspektiv, personvern og lovgivning. For å svare på disse utfordringene er det overordnede målet med prosjektet å designe, teste ut og evaluere geofence-konsepter og -løsninger i tre europeske byer; Stockholm, Gøteborg og Munchen. Prosjektet er en del av URBAN EUROPE - Urban Accessibility and Connectivity, og er finansiert av de enkelte lands nasjonale forskningsråd.

3.2.3 Vitenskapelige artikler

3.2.3.1 Traffic management systems: A classification, review, challenges, and future perspectives

Denne artikkelen [28] gir en oppsummering av eksisterende trafikkstyringssystemer og perspektiver på fremtiden.

Trafikkstyringssystemer (TMSer) samler trafikkrelaterte data fra kilder som kjøretøy, trafikklys og sensorer i veg og vegkant. Dataene kan brukes for å effektivisere trafikken og gi en jevn trafikkflyt eller til å oppdage hendelser (f.eks. ulykker) langs vegen. Dette kan gjøres ved å kommunisere direkte med kjøretøyene eller via et trafikkstyringssenter (TMC).

En viktig byggestein i TMS er VANETs (Vehicular ad hoc networks) som sørger for datautveksling mellom kjøretøy, veikantenheter (RSU) og TMC ved bruk av dedikert kortdistanseskommunikasjon (DSRC). To typer kommunikasjon benyttes i TMS. Den første er kjøretøy-til-kjøretøy (V2V) kommunikasjon, som brukes når kjøretøyene kommuniserer seg imellom. Den andre er kjøretøy-til-infrastruktur (V2I) kommunikasjon, som brukes når et kjøretøy trenger å sende sin informasjon eller be om informasjon fra en sentral enhet, og også når et kjøretøy trenger tilgang til innhold på internett. Forskjellige kommunikasjonsteknologier kan brukes til hver kommunikasjonstype. DSRC (Direct Short Range Communication) blir brukt for korte avstander og V2V kommunikasjon definert i protokollen IEEE 802.11p. For kommunikasjon over lengre avstander brukes mobilnett (f.eks. LTE eller 5G).

Ved å utnytte trafikkrelatert data, kan TMS-er tilby tjenester som potensielt kan forbedre trafikkeffektiviteten og sikkerheten, samt redusere responstiden ved trafikkulykker. For å levere slike tjenester, er TMS-ene avhengige av tre hovedfaser: (1) informasjonsinnsamling, som er ansvarlig for å samle inn trafikkrelatert data fra heterogene kilder; (2) informasjonsbehandling, som er avhengig av å aggregere og behandle mottatt trafikkdata for å identifisere trafikkfarer som potensielt kan svekke trafikkeffektiviteten; og (3) tjenesteleveranse, som gir tjenester for å kontrollere trafikkfarer og relaterte problemer og forbedre den generelle trafikkeffektiviteten.

Artikkelen presenterer også de viktigste utfordringene og fremtidsperspektivene for TMS. Disse er listet opp nedenfor.

Heterogen dataintegrasjon: En utfordring er å integrere data fra mange forskjellige systemer og kilder som ikke er integrert med hverandre, og som gir store datamengder uten standardisering. Fremvoksende teknologier som tingenes internett (IoT) vil også gi datautveksling og kommunikasjon til en mengde enheter. Noen av de nåværende problemstillingene inkluderer å definere nye tilnærminger for enhetsidentifikasjon og generering av unike identifikatorer, hvordan man bruker disse identifikatorene som adresser for å videregående og rute informasjon, og hvordan man kan bruke en IoT-basert identifikator for TMS. Informasjonen samlet inn fra disse enhetene vil inneholde privat og sensitiv informasjon, og et

sikkert system for å beskytte denne informasjonen er nødvendig siden overføringene kan være utsatt for angrep.

Datahåndtering og store datamengder: TMS må håndtere en enorm mengde data. Derfor må det benyttes standardisering i datarepresentasjon, ettersom det kan oppstå mange problemer hvis hver kilde bruker egne format. Videre kan mange kilder rapportere data asynkront, og en stor utfordring er derfor hvordan man kan håndtere dette.

Representasjon av trafikkforhold: Etter å ha samlet data, må kunnskapen som er oppnådd fra den, representeres på en korrekt måte. Den viktigste utfordringen er derfor å samle mange forskjellige informasjonskilder til en enkelt representasjon av trafikktilstanden. Med andre ord, hvilken informasjon er viktigere eller mindre viktig for trafikken og hvordan påvirker informasjonen trafikken. Å definere en slik representasjon er fortsatt en utfordring.

Alternativ ruteveiledning: Å foreslå og beregne alternative ruter for å unngå trafikkfarer er den beste måten å forbedre trafikkeffektiviteten på. Hovedutfordringen er imidlertid hvordan dette kan gjøres på en akseptabel tid, slik at man unngår at kjøretøyene sitter fast i kø. Å stole på sentrale enheter for å beregne og foreslå alternative ruter til alle kjøretøyene er mer effektivt på grunn av bedre håndtering og scenariooversikt. Men avhengig av antall kjøretøy som skal dirigeres om og kompleksiteten i algoritmen som brukes i beregningene av alternative ruter, kan dette føre til høy latens og svekket ytelse. En løsning på dette problemet er å la hvert kjøretøy beregne sin egen alternative rute. Den viktigste utfordringen her er hvordan man kan gi en full oversikt over trafikkforholdene til hvert kjøretøy slik at de kan beregne en effektiv rute uten å overbelaste kommunikasjonsnettverket. En annen bekymring er hvordan man kan beregne en effektiv alternativ rute uten å pådra seg trafikkork i andre områder i nær fremtid, og samtidig sørge for en bedre balanse og styring av trafikken. For å ha en god alternativ ruteveiledning, er en avveining mellom effektivitet og kompleksitet avgjørende.

Sikkerhet og personvern: Ettersom de innsamlede dataene kan inneholde personlig informasjon og brukes til å spore personer og kjøretøy er sikkerhet og personvern en viktig utfordring.

3.2.3.2 A Survey of Autonomous Vehicles: Enabling Communication Technologies and Challenges

Denne undersøkelsen diskuterer den nåværende utviklingen av to hovedkomponenter innenfor C-ITS: (1) innsamling av omgivelsesdata basert på sensorer i automatiserte kjøretøyer og (2) kommunikasjons-teknologier som gjør slik innsamling mulig. Først diskuterer artikkelen ulike sensorer og deres rolle i automatiserte kjøretøyer. Deretter diskuteres ulike kommunikasjons-teknologier for automatiserte kjøretøyer for å lette kommunikasjonen mellom kjøretøy og 'alt annet' (V2X).

Dette er viktige aspekter innenfor trafikkstyring og detaljert beskrivelse av artikkelen finnes i avsnitt 3.3.3.1.

3.2.3.3 Dynamic pricing techniques for Intelligent Transportation System in smart cities: A systematic review

Artikkelen [27] presenterer en omfattende litteraturgjennomgang og analyse av dynamiske pristeknikker brukt i litteraturen for ITS. Artikkelen påpeker at dynamisk prising kan bidra til å redusere trafikkproblemer og forbedre trafikkflyten i byer ved å justere prisene på transporttjenester basert på etterspørsel og tilbud. Ved å bruke denne tilnærmingen kan ITS bidra til å redusere trafikkproblemer og forbedre trafikkflyten i byer.

En av de mest brukte dynamiske prissettingsstrategiene i ITS er vegprising, som innebærer å variere prisen på vegbruken basert på tid på døgnet, trafikkbelastning, og type kjøretøy. Vegprising kan være et effektivt

verktøy for å redusere trafikkorker i byer ved å spre trafikken ut over flere tidspunkter og transportalternativer.

Artikkelen nevner også parkeringsprising som en annen viktig dynamisk pristeknikk i ITS, som kan redusere antall biler på veiene ved å øke parkeringsprisene når etterspørselen er høy.

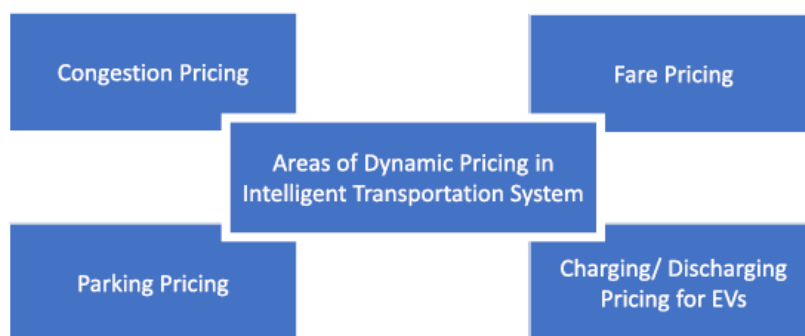
Bompenger og belastningsprising er andre dynamiske prissettingsstrategier. Disse teknikkene innebærer å pålegge avgifter for å redusere trafikkbelastning i spesifikke områder eller for bestemte typer kjøretøy. Disse teknikkene kan bidra til å redusere trafikkproblemer, men det er viktig å implementere dem på en rettferdig måte, slik at de ikke belaster enkelte grupper mer enn andre.

Dynamisk prising av lading av elbiler refererer til en prissettingsstrategi som varierer kostnaden for å lade en elektrisk bil basert på faktorer som tid på døgnet, beliggenhet, tilgjengelighet av ladestasjon, og etterspørselen etter lading på et gitt tidspunkt. Målet med dynamisk prising for lading av elbiler er å motivere elbil-eiere til å lade bilene sine i perioder med lav etterspørsel, når belastningen på strømmettet er mindre. Ved å gjøre dette, kan det bidra til å balansere belastningen på strømmettet og redusere behovet for kostbare infrastrukturoppgraderinger.

Til slutt diskuterer artikkelen også dynamisk prising for kollektivtransport. Ved å variere prisene for kollektivtransport basert på etterspørsel og tilbud kan man oppmuntre flere til å bruke offentlig transport og dermed redusere trafikkbelastningen på vegene.

Figur 1 viser en oversikt over de forskjellige prissettingsstrategiene.

Artikkelen konkluderer med at dynamisk prising kan være en effektiv strategi for å redusere trafikkproblemer i smarte byer, men at det er viktig å implementere teknikkene på en rettferdig og bærekraftig måte. Det er også behov for videre forskning for å evaluere effektiviteten og påvirkningen av dynamisk prising på forskjellige aspekter ved bymobilitet.



Figur 1: Figuren viser en oversikt over de forskjellige prissettingsstrategiene presentert i [27].

3.2.3.4 The Road to Automation – Road Operators’ Challenges in the Introduction of Automated Driving

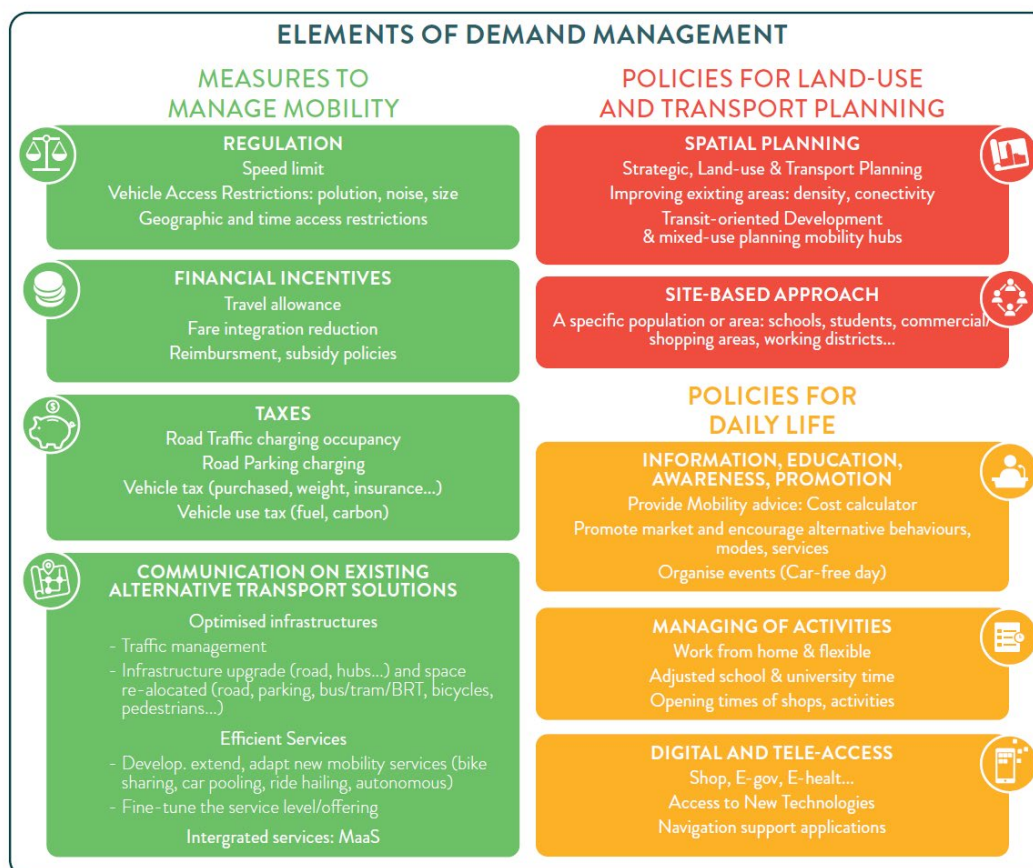
Denne artikkelen [61] beskriver de viktigste utfordringene en vegholder kan få ved innføring av automatisert kjøring som vil endre hvordan kjøretøyer føres frem i trafikken og hvordan hele trafikksystemet styres. Artikkelen er svært relevant for trafikkstyring og er nøyere beskrevet i avsnitt 3.3.3.13.

Blant annet beskriver den behovene for digital infrastruktur i fremtiden og Mht. kommunikasjon mellom vegholders trafikkstyringsentraler (VTS) og kjøretøyene beskriver artikkelen to alternativer: 1) standardisert V2X (ITS-G5) via vegkantutstyr eller 2) via kjøretøyproduzentens baksystem eller skytjenester og kommunikasjon mellom baksystem/skytjeneste og kjøretøy over 4G/5G nettverk. Det første alternativet er standardisert gjennom ETSI, CEN og ISO standarder, mens det andre alternativet er avhengig av proprietære grensesnitt mellom kjøretøyproduzent og kjøretøy.

3.2.3.5 Managing the demand for mobility: A transformational policy instrument

Denne artikkelen [29] tar for seg tiltak og verktøy som kan benyttes for å styre etterspørselen etter mobilitet. Her vil det kreve tiltak som er i stand til å påvirke folks reiseatferd, vaner og mobilitetsmønstre. Figur 2 viser verktøy for styring av og påvirkning av etterspørsel.

Representert i **grønt** er tiltak for å styre trafikk, bevegelser og turer, og krever bruk av regulering, økonomiske incentiver og skatter. I **gult** finnes retningslinjer som påvirker livsstilen til mennesker. Disse tiltakene har som mål å endre behovet og måten vi reiser på via bevisstgjøring, promotering og skreddersydde reiseråd. De kan også forsøke å endre tidspunktene for aktivitetene våre (skole, arbeid, shopping, fritid, turisme og så videre). Tiltakene i **rødt** omhandler arealbruk og tar sikte på å forbedre tilgangen til steder og aktiviteter (boligområder, arbeidsområder, utdanningsinstitusjoner, nærings- og fritidsområder, osv.) for å redusere avhengigheten av å bevege seg mye.



Figur 2: Verktøy for styring av etterspørsel i trafikken. Kilde: [29].

3.2.4 Relevant informasjon fra næringen

Det er svært mange næringslivsaktører som arbeider og har produkter innen trafikkstyring. I dette avsnittet nevnes noen av disse.

3.2.4.1 TomTom

TomTom har utviklet en løsning for trafikkstyring [31] som gir sanntidsinformasjon om trafikkforholdene på veiene. Løsningen er en del av TomToms portefølje av intelligente transportsystemer (ITS) og er designet for å hjelpe trafikkoperatører og vegmyndigheter med å overvåke og styre trafikken mer effektivt. TomToms system samler inn data fra ulike kilder, inkludert GPS-data fra kjøretøy, trafikkamerabilder og data fra andre sensorer langs veiene. Disse dataene blir deretter behandlet og analysert for å gi trafikkoperatører og vegmyndigheter sanntidsinformasjon om trafikkforholdene på veiene.

Løsningen gir blant annet informasjon om trafikkorker, ulykker og veiarbeid, og kan gi trafikkoperatører og vegmyndigheter muligheten til å tilpasse trafikkstyringen og tilby alternativ ruteinformasjon til bilister. Løsningen kan også brukes til å forbedre trafikkflyten og redusere forurensning ved å gi trafikkoperatører og vegmyndigheter muligheten til å implementere dynamisk veiprisning. Systemet er tilgjengelig for ulike sektorer og kunder, inkludert vegmyndigheter, trafikkoperatører og bedrifter som ønsker å optimalisere logistikkruter.

3.2.4.2 Waze

Waze er en mobilapplikasjon for navigasjon og trafikkstyring som eies av Google. Waze bruker sanntidsdata fra brukerne for å tilby oppdatert trafikkinformasjon og ruteplanlegging. Waze er også tilgjengelig for trafikkoperatører og vegmyndigheter som ønsker å bruke data fra applikasjonen for å forbedre trafikkstyringen. Løsningen gir også trafikkoperatører og vegmyndigheter muligheten til å kommunisere med bilister og gi oppdatert informasjon om trafikkinformasjon og vegarbeid. Dette kan bidra til å redusere trafikkorker og forbedre trafikkflyten. Waze for trafikkstyring har blitt brukt av ulike vegmyndigheter og trafikkoperatører over hele verden, inkludert California Department of Transportation (Caltrans), som bruker Waze-data for å overvåke trafikkforholdene på motorveiene i California. Waze er et eksempel på hvordan mobilapplikasjoner og sanntidsdata kan brukes for å forbedre trafikkstyringen og redusere trafikkorker og er tilgjengelig for nedlasting på både iOS- og Android-enheter.

3.2.4.3 Q-Free

Q-Free (<https://www.q-free.com/>) er et teknologiselskap som blant annet spesialiserte seg på utvikling og implementering av trafikkstyringssystemer for veg- og transportsektoren. Selskapet tilbyr en rekke løsninger for trafikkstyring og overvåkning, inkludert systemer for trafikkovervåkning, trafikkregulering og bomsystemer. Q-Free sine løsninger for trafikkstyring består av avansert programvare for trafikkovervåkning og -kontroll. Løsningene gir sanntidsdata om trafikkflyt, og kan brukes til å overvåke trafikksituasjonen på vegene og til å gjennomføre trafikkreguleringstiltak, som endring av trafikklys og skilting. Q-Free tilbyr også systemer for automatisk nummeregjenkjenning, som kan brukes til å overvåke og håndheve trafikkregler, samt systemer for elektronisk bom, som eliminerer behovet for manuell innsamling av bompengavgifter.

3.3 ITS-tjenester relatert til automatisert kjøring

3.3.1 De mest aktuelle tjenestene

Den internasjonale standarden ISO14813-1 [36] definerer et sett med ITS-tjenester relatert til kjøretøyet, og flere av disse er relevant mht. C-ITS, CCAM, fysisk og digital infrastruktur. De ITS-tjenestene som er funnet å være de mest relevante er listet opp nedenfor. En mer detaljert beskrivelse av de ulike tjenestene er beskrevet i [36]. ISO-standardens betegnelse er gitt i parentes.

Automatisert kjøring (Automated vehicle operation)

- *Automatisert kjøring på hovedveg* (Automated highway operation). Tjenesten skal gjøre det mulig for kjøretøyer som er nødvendig utrustet til å kjøre på dedikerte vegnett eller spesielle strekninger av vegnettet som er utstyrt for automatisert kjøring på hovedveg.
- *Samvirkende adaptiv cruisekontroll* (Cooperative adaptive cruise control). Denne tjenesten skal inkludere en forbedring av den adaptive cruisekontrollen ved å legge til trådløs kommunikasjon med kjøretøy(er) foran det aktuelle kjøretøyet og/eller infrastrukturen for å forsterke den adaptive cruisekontrollen gjennom oppkopling av kjøretøyer, eventuelt ved hjelp av vegkantutstyr.
- *Kjøretøykolonner* (Vehicle platooning). Denne tjenesten skal gjøre det mulig for en gruppe kjøretøyer som er nødvendig utstyrt til å kjøre tett sammen på en sikker måte i høy hastighet.
- *Automatisert feltkjøring* (Automated lane keeping). Denne tjenesten skal gjøre det mulig for kjøretøyer som er nødvendig utstyrt til å holde seg innenfor samme kjørefelt ved kjøring.
- *Automatisert hindring av at kjøretøyet forlater vegen* (Automated road departure prevention). Denne tjenesten skal hindre at kjøretøyet skal forlate vegen ved kjøring, men holde seg innenfor veggbredden og de kjørefeltene som er definert gjennom skilting og oppmerking.
- *Automatisert feltskifte* (Automated lane change systems) Denne tjenesten skal gjøre det mulig for kjøretøyer med egnet utstyr og drift å gi en hørbar, visuell, eller haptisk advarsel til bilføreren om at kjøretøyet skifter fil.
- *Automatisert veiing i fart* (Automatic weigh in motion (WIM)). Denne tjenesten skal gjøre det mulig for kjøretøyer som er nødvendig utrustet å registrere kjøretøyet totalvekt og akselvekt for hver av akslingene og sende melding om dette til f.eks. en kontrollstasjon.

Reduksjon/unngåelse av kollisjon (Collision/mitigation avoidance)

- *Reduksjon/unngåelse av kollisjon* (Collision/mitigation avoidance). Denne tjenesten skal gjøre det mulig for kjøretøyer som er nødvendig utrustet til å unngå kollisjoner med kjøretøyer som befinner seg i det predikerte kjøretøysporet for kjøretøyet. Tjenesten er først og fremst rettet mot å unngå kollisjon eller å redusere omfanget av en kollisjon med kjøretøyer i samme retning som det aktuelle kjøretøyet. Et eksempel på et bruksområde (use case) er at kjøretøyet bremses og svinger unna et objekt i kjørebanelen, f.eks. et kjøretøy som står delvis parkert inn på en kjørebane pga. for smal vegskulder.
- *Reduksjon/unngåelse av kollisjon i kryss* (Intersection collision mitigation/avoidance). Denne tjenesten skal gjøre det mulig for kjøretøyer som er nødvendig utrustet til å unngå kollisjoner med kjøretøyer som er på veg inn i det samme krysset som det aktuelle kjøretøyet.
- *Automatisk unngåelse av kollisjon med sårbare (myke) trafikanter* (Automatic vulnerable road user collision mitigation systems). Denne tjenesten skal gjøre det mulig for kjøretøyer som er nødvendig utrustet til å unngå kollisjoner med sårbare (myke) trafikanter som befinner seg i det predikerte kjøretøysporet for kjøretøyet. Eksempler på sårbare trafikanter er fotgjengere, syklist, bevegelseshemmede og brukere av el-sparkesykler.

Råd eller advarsler til førere (Driver warning or advisory)

- *Advarsel ved feltskifte* (Lane departure warning system). Denne tjenesten skal gjøre det mulig å varsle føreren av et kjøretøy som er nødvendig utstyrt for denne tjenesten om at kjøretøyet er i

ferd med å forlate et kjørefelt. Tjenesten skal også varsle føreren om at kjøretøyet som er i ferd med å skifte felt kan komme i konflikt med et kjøretøy som befinner seg i det feltet som kjøretøyet er i ferd med å skifte til. Her vil f.eks. utveksling av CAM (C-ITS) kunne være nødvendig input for at denne tjenesten trigges.

- *Nødbremsingsmelding* (Emergency braking assistance). Denne tjenesten skal gjøre det mulig for kjøretøyer som er nødvendig utrustet til å kringkaste en hendelse med nødbremsing til kjøretøyer i de nærmeste omgivelsene. De kjøretøyene som mottar melding, avgjør hvorvidt hendelsen er relevant for dem og sender i så fall en advarsel til førerne slik at førerne kan unngå en kollisjon.
- *Ekstern detektering av farer og varsling* (External hazard detection and notification). Denne tjenesten skal gjøre det mulig for et kjøretøy som er nødvendig utrustet til å bestemme om vegforhold meldt av andre kjøretøyer representerer en potensiell fare for kjøretøyet. Eksempel på slike meldte farer er varsling om glatt kjørebane eller tåke.
- *Anbefalt hastighet* (Driver advisory). Denne tjenesten skal muliggjøre leveringen av en anbefaling/råd til føreren mht. skiltet fartsgrense på strekningen kjøretøyet befinner seg på eller den hastigheten føreren må holde for å kjøre gjennom en strekning med samordnede trafikksignalanlegg med minimum forsinkelse og stopp.

Sikkerhetsvarsler (Safety warning).

- *Varsel om spesielle kjøretøyer* (Special vehicle alert) Bruksområde for denne tjenesten er å kunne varsle føreren om plasseringen av og bevegelsene til utrykningskjøretøyer, saktegående kjøretøyer, spesielt brede og/eller lange kjøretøyer eller andre kjøretøyer som krever spesiell oppmerksomhet fra føreren.

3.3.2 Europeiske rapporter og dokumenter

3.3.2.1 Connected, Cooperative and Automated Mobility Roadmap

Dette dokumentet [37] er utarbeidet av ERTRAC (European Road Transport Research Advisory Council), arbeidsgruppe "Connectivity and Automated Driving".

Hovedmålet med ERTRAC Roadmap er å gi interessentenes felles syn på langsiktig utvikling av Connected, Cooperative og Automated Mobility i Europa. I Figur 3 nedenfor er strukturen til dette nye veikartet forklart med referanser til kapitlene og hvordan de er knyttet til hverandre. Visjonen for 2050 er det ERTRAC har som mål å oppnå for samfunnet. Denne langsiktige visjonen oppfordrer til de nødvendige kortsiktige handlingene, Agenda 2030, som deretter vil tillate en Outlook til 2040.

| Chapter | | Key message | Content | Rationale |
|---------|--------------------------|---|--|---|
| 1 | Vision 2050 | Automation domains are linked; transport modes are synchronized for the benefit of all citizens | Delivers a long-term picture of road transport and its key challenges | Long-term vision |
| 2 | Agenda 2030 | Separate domains develop and offer a large variety of use cases | Describes domains, use cases and their specific characteristics | Operational agenda for research, regulation and investments |
| 3 | Outlook 2040 | Use cases widen up and grow together | How use cases and business models will evolve further in the next decade | Links the operational agenda with the long-term vision |
| 4 | Key Enablers | Enablers that are necessary to resolve the 2050 challenges | The key enablers infrastructure, AI and validation will need a permanent development in parallel to market solutions | Technologies, investments and business models need to go hand in hand |
| 5 | Projects and initiatives | Overview of EU projects, and national, EU and international activities | Shows the quantity and types of activities taking place for the moment in Europe and worldwide | State of play |

Figur 3: ERTRACS roadmap for utvikling av CCAM (Figurkilde [37])

ERTRAC beskriver fire såkalte 'key enablers', dvs. faktorer som skal bidra til oppnåelse av ERTRACS visjon:

- **Infrastruktur og forretningsmodeller.** Om dette sier ERTRAC:

Optimalisert trafikk og kjøretøybruk kan minimere miljøpåvirkningen og sikre maksimal sikkerhet og økonomisk effektivitet. Basert på oppkobling og digitalisering og samarbeid mellom aktører, muliggjør CCAM fordelene med automatisering for å styre trafikken. I dag styrer vi trafikkstrømmer og vegsegmenter som hovedobjekter. Fremtidig trafikkstyring må utnytte fullt ut CCAM-alternativer når det gjelder individuell oppkopling til kjøretøyene og alternativer for datadeling for å adressere kjøretøyflåter. Bruksområdene (use cases) for CCAM må ta tak i dette, siden det er et stort potensial mht. grønn omstilling og trafikksikkerhet.

- Individuelle trafikkregler med fin granularitet for kjøretøy / kjøretøygrupper
- Infrastrukurstøtte for styring av kjøretøyene

Fremtidig forskning må gjøre det mulig for veinett å bli "CCAM-klare" og gi rom for en slik finmasket trafikkstyring.

I et lengre perspektiv vil utrulling av CCAM mest sannsynlig være transformerende og forstyrrende for eksisterende forretningsprosesser. Derfor vil det være en viktig aktivitet å utvikle et solid fundament for forretningsmodeller som danner CCAM-økosystemet. CCAM kan sees på som et system som gjør det mulig å tilby allment tilgjengelige, men tilpassede mobilitetstjenester, ved å bruke oppkobling, samarbeid og automatisering. CCAM-aktørene bidrar til CCAM-økosystemet med

ulike innledende motivasjoner (offentlig: å tjene fellesskapet, privat: å utforske forretningspotensial). Disse motivasjonene når ut "til den andre siden", ettersom private aktører typisk også vektlegger sitt samfunnsansvar og offentlige aktører også streber etter å oppnå sitt ansvar (ofte i møte med budsjettbegrensninger) på en mer effektiv måte. Denne blandingen av motivasjoner danner limet for å utforske samskapingen av CCAM-økosystemet og samarbeidet om det underliggende verdinettverket som CCAM-tjenester leveres til brukere, innbyggere, kunder etc.

- **Teknologi.** Om dette sier ERTRAC:

Teknologiske utfordringer ved automatisert kjøring inkluderer:

- pålitelig gjenkjenning av kjøretøymiljøet ved hjelp av sensorer basert på radar, video, lidar og ultralydteknologi
- lokaliseringssløsninger slik at den selvkjørende bilen vet nøyaktig hvor den er
- utledning av en passende kjørestrategi
- fleksibel, robust og sikker systemarkitektur
- datasikkerhet og sikkerhet inkludert trygge og motstandsdyktige tilnæringer for overluft-oppdateringer
- validering og verifisering av systemene.

Nøkkelteknologiene baserer seg på tre domener av lignende sentral betydning:

- Teknologier i kjøretøy
- Teknologier og prosesser for utvikling, testing og validering
- Sky- og back-end-teknologier

Oppsummert må all den ulike teknologien, som også henger sterkt sammen, møte utfordringen med å designe, validere og kontinuerlig forbedre datadrevne komplekse programvaredominerte systemer med høye krav til funksjonssikkerhet.

- **Validering.** Om validering sier ERTRAC følgende:

Verifiseringen av automatiserte kjøresystemer, som foreslått av JRC (European Commission's Joint Research Centre), er basert på Multi-Pillar Approach⁵ som kombinerer virtuell validering, fysisk validering på testbaner og fysisk validering på åpne veier eller brukssteder. Behovet for virtuell validering er i hovedsak knyttet til sikkerhetsmålene nødvendig for en bred offentlig bruk av automatiserte kjørefunksjoner. Fysisk validering over flere millioner av kilometer med prototype kjøretøy er ikke bærekraftig. Imidlertid vil nylig fremgang innen feltene programvareutvikling, High Performance Computing og digitale teknologier åpne mulighetene for omfattende virtuelle valideringer, med involvering av hele økosystemet for automatisert kjøring.

- **Kunstig intelligens og dataanalyser.** Om kunstig intelligens og dataanalyser sier ERTRAC følgende:

Evnen til å generere ny kunnskap fra store datamengder er en nøkkelkompetanse for fremtiden. Kjøretøy- og trafikkdatabaser vil i økende grad skape flere fordeler for brukere og samfunnet. De innsamlede data skal brukes til å bevise disse bruker- og samfunnsmessige fordelene. Datasuverenitet og datatilgang er viktige faktorer som bestemmer suksess og er grunnleggende for utviklingen. Dette gjelder spesielt innen automatisert kjøring. En suveren, åpen data infrastruktur som følger sikkerhetsstandarder vil dermed bli en sentral forutsetning for å lykkes med utvikling og distribusjon av CCAM. En sentral tilnærming for å utvikle automatiserte kjøresystemer er å samle inn data for utvikling, under drift og for å oppdatere programvare etter utrulling også.

ERTRAC-rapporten har også en omfattende beskrivelse av CCAM relaterte prosjekter og aktiviteter og det vises til [37] for en nærmere beskrivelse av:

- Europeiske forskningsprosjekter
- Europeiske initiativer
- EU medlemsstaters initiativer
- Initiativer rundt omkring i verden

3.3.2.2 Infrastruktur for bilar med automatiserte funksjoner

Dette dokumentet [38] er utarbeidet av VTI. Rapporten rapporterer resultatene fra prosjektet 'Kunnskapsbehov inom anpassning av infrastruktur for fordon med automatiserte funksjoner'. Oppdragsgiver var Trafikverket. Prosjektet tok sikte på, fra et vegvedlikeholdsperspektiv med fokus på det statlige vegnettet, å redegjøre for dagens kunnskap om eksisterende og mulige tilpasninger av digital og fysisk infrastruktur for å gi støtte til kjøretøy med automatiserte funksjoner. Prosjektet hadde også som mål å bidra til en langsiktig kunnskapsbygging.

Takket være introduksjonen av nye sensorer i kjøretøyene og oppkobling, finnes det et konsept som muliggjør automatiseringsfunksjoner som kan støtte den menneskelige sjåføren med kjøreoppgavene under hele eller deler av reisen. På den andre siden, skal det være klart at dagens transportsystemer og infrastruktur er designet for å betjene kjøretøy brukt av menneskelige sjåførere og deres tilhørende begrensninger og muligheter.

En av hovedkonklusjonene omfatter behovet for endringer i den fysiske infrastrukturen for automatiserte kjøretøyer:

Sammanfattningsvis har vi kommit fram till att någon ombyggnad eller nybyggnad av den fysiska infrastrukturen inte är motiverad eller nödvändig enbart på grund av införandet av autonoma fordon. Automatiserade fordon utvecklas för en internationell marknad och för att klara befintlig infrastruktur. Det betyder att fordon inte kommer att utvecklas för enbart svenska förhållanden utan för en mer global marknad. De automatiserade fordonen ska kunna köras i hela det internationella transport-systemet dvs. på statliga vägar, privata vägar, kommunala gator och vägar samt andra vägar där det är tillåtet att framför fordon.

En annen hovedkonklusjon beskriver behovet for økt vedlikehold av den eksisterende infrastrukturen:

Det blir dock än mer viktigt för väghållaren att följa gällande regler vid skötsel och underhåll av den fysiska infrastrukturen. Den mänskliga föraren är förlåtande till skillnad mot den automatiserade som åtminstone i en introduktionsfas följer regler fullt ut och vid en "tvekan" sänker farten eller stannar. Det är önskvärt att det med bibehållen säkerhet upprätthålls ett optimalt trafikflöde. Att skyltar och vägmarkeringars tillstånd är korrekta eller att vägens ojämnheter är inom kraven stöder den automatiserade föraren att hålla en optimal hastighet. En farhåga som beskrivits är att trafiken kan bli mer spårbunden och därmed skapa mer koncentrerade spår i vägbanan. Det är kanske en marginell risk, men elektriska fordon som drivs av batterier blir tyngre än motsvarande fossilt drivna. Här är det viktigt att ett samarbete mellan fordonsutvecklare och Trafikverket sker så att man kan åstadkomma lösningar som till exempel ser till att fordonen varierar sin sidoposition.

Rapporten beskriver også behovet for forbedret posisjonering av kjøretøyene med støttesystemer. Posisjonering basert på oppmerking er ikke tilstrekkelig. Foreløpig er ikke posisjonering basert på GNSS tilstrekkelig til å gi den nøyaktigheten som er nødvendig for en sikker trafikkavvikling.

Rapporten peker videre på nytten av de dataene som kjøretøyet kan rapportere tilbake til utvikleren av det automatiserte kjøretøyet og utviklere av applikasjoner. Data som bidra til utvikling av nøyaktige HD-kart er et eksempel som er nevnt i rapporten. Et annet eksempel er data om infrastrukturens tilstand som vegholderen kan bruke i sin drifts- og vedlikeholdsplanlegging.

Datakvalitet og kvalitetssikring omtales også som viktige punkter. Ulike applikasjoner kan ha ulike krav til nøyaktighet, men det er viktig at man har kunnskap om kvaliteten på data slik at bruken av data tilpasses nøyaktigheten på data.

Datatrafikk krever også fysiske systemer for kommunikasjon og dette skal installeres og vedlikeholdes. Det bør også foreligge beredskapsplaner for å håndtere situasjoner hvor kjøretøyene som befinner i infrastrukturen ikke er oppkoplet.

Rapporten kommer også inn på de juridiske aspektene knyttet til automatisert kjøring og eventuelle konflikter mellom digital og fysisk informasjon. Er det skiltene i det digitale HD-kartet eller de fysiske skiltene langs vegen som er gjeldende?

Paradigmeskiftet med automatisert kjøring vil kreve økt samarbeid mellom vegholder og kjøretøy- og IT-næringen. Det vil også kreve at Trafikverket må satse på rekruttering av kompetanse som dekker den digitale kommunikasjonen.

Rapporten oppsummerer til slutt en del viktige punkter:

- Det er ikke nødvendig med ombygging eller nybygging av infrastruktur pga. automatiserte kjøretøyer. De automatiserte kjøretøyene skal kunne kjøre på alle slags vegger under alle slags forhold.
- Det blir meget viktig å vedlikeholde den fysiske infrastrukturen. Mennesket kan bedre tilpasse seg feil og mangler enn en maskin.
- I takt med at kjøretøyene kan rapportere tilbake til vegholder om tilstanden til den fysiske infrastrukturen er det behov for standardiserte metoder og data for slik rapportering.
- Posisjonsbestemmelsen av kjøretøyet, spesielt sidevegs, må forbedres gjennom redundante systemer.
- Kvalitetssikring av data er meget viktig mht. bruk av data i ulike applikasjoner. Dette gjelder spesielt applikasjoner som er knyttet til trafiksikkerhet.
- Det juridiske aspektet knyttet til digital og fysisk informasjon må utredes.
- Oppkoblede kjøretøyer er en meget positiv utvikling som gir fører og kjøretøy nye typer informasjon. Dette kan utnyttes til en optimalisering av fremkommelighet og trafiksikkerhet.
- HD-kart og statisk og dynamisk informasjon blir viktig. Det automatiserte kjøretøyet vil ta sine beslutninger på hva det ser og på den statiske informasjonen som allerede er lastet ned. I tillegg vil den dynamiske informasjonen, f.eks. informasjon om trafikkuhell og stengt veg, påvirke det automatiserte kjøretøyet sine bevegelser. Mht. den statiske informasjonen vil høyoppløselige kart (HD-kart) være meget viktig. En utfordring her kan være at flere leverandører samler inn informasjon som legges inn i digitale kart og her er det et potensiale for uklarheter mht. hvem som har ansvaret for hva. Her er det behov for styring og samordning mellom alle involverte parter.
- Utdannelse og rekruttering til fagområdet. Universitetene må utdanne personer med god kompetanse innenfor transport- og trafikkteknikk som kan møte de nye behovene for kompetanse hos vegholdere og transportmyndigheter og vegholdere og transportorganisasjoner må ansette personer med riktig kompetanse. Det er viktig at også IT-bransjen utvikler seg til å kunne forstå veghold, trafikkplanlegging og trafikkteknikk.
- Systemer for å håndtere store datamengder mellom objekter som inngår i den digitale infrastrukturen. Store datamengder vil bli samlet inn, kommunisert, behandlet, lagret og slettet etter de reglene som finnes for databehandling. Dette krever sikre og pålitelige IT-systemer som kan utveksle nødvendig informasjon.
- Det må etableres nye typer verdinettverk mellom involverte aktører for at konseptet med automatisert kjøring skal kunne innføres på en god måte. Viktige aktører her vil være vegholdere, bilindustrien og IT-industrien. Offentlig-privat-samarbeid (OPS) vil være en aktuell modell for slike verdinettverk.
- Det automatiserte kjøretøyet plassering på vegen vil være veldig mye basert på det kjøretøyet observerer. I mange situasjoner vil ikke dette være nok til en sikker posisjonering av kjøretøyet og da må det være støttesystemer som kan sikre en nøyaktig posisjonering av kjøretøyet. Her vil

systemer for HD-kart og systemer for supplerende posisjonering, f.eks. bakkestasjoner, kunne sikre fremkommeligheten for det automatiserte kjøretøyet.

Rapporten har noen anbefalinger mht. den fysiske utrustningen på og langs veien:

- *Det er troligvis lämpligt att använda våtsynbara vägmarkeringar på vägar som trafikeras av automatiserade fordon (sådana vägmarkeringar finns redan på de flesta större vägar).*
- *Riktlinjer för hur vägmärken ska placeras när två vägar ligger nära intill varandra kan behöva ses över, för att automatiserade fordon ska kunna avgöra till vilken väg ett vägmärke hör.*
- *Vissa typer av VMS-skyltar avger osynligt flimmar som försvårar eller omöjliggör maskinell avläsning.*
- *Räcken, kantstolpar, belysningsstolpar och andra fysiska föremål i vägmiljön som kan detekteras med de automatiserade fordonens sensorer kan utgöra ett stöd för fordonens positionering.*
- *Radarreflektorer installerade i vägmiljön kan möjligen komma att efterfrågas för att stödja positioneringen på vissa platser eller under vissa betingelser.*
- *Det kan finnas behov av att använda till exempel vägmarkeringar och/eller vägmärken för att ge anvisningar om var automatiserade fordon får eller ska köra.*

Rapporten har avslutningsvis noen forslag til videre studier:

- Utredning av vedlikeholdstiltak som er nødvendig for optimal avvikling og trafiksikkerhet for automatiserte kjøretøyer
- Saktegående automatiserte kjøretøyer for godstransport som både vil redusere utslipp av klimagasser og reduserte transportkostnaden pga. ubemannende kjøretøyer
- Samarbeid med bilindustrien for å finne frem til funksjonskrav for den fysiske infrastrukturen
- Bruk av innsamlede data fra automatiserte kjøretøyer til planlegging av drift og vedlikehold

3.3.2.3 Strategic Research and innovation agenda (SRIA)

Dette dokumentet [39] er utarbeidet av CCAM Partnership. Om CCAM og CCAM partnership sier denne rapporten innledningsvis:

CCAM (Connected Cooperative Automated Mobility) Partnership er et offentlig-privat partnerskap, som samordner alle interessenters FoU-innsats for å akselerere implementeringen av innovative CCAM teknologier og tjenester i Europa. Den tar sikte på å utnytte de fulle systemrelaterte fordelene ved nye mobilitetsløsninger gjort mulig av CCAM: økt sikkerhet, redusert miljøpåvirkning og inkludering. Partnerskapet vil utvikle og implementere en delt, sammenhengende og langsiktig FoU-agenda ved å bringe sammen de komplekse tverrsektorielle verdikjedeaktørene med den felles visjonen: "Europeisk lederskap innen sikker og bærekraftig vegtransport gjennom automatisering".

Denne strategiske forsknings- og innovasjonsagendaen (SRIA) er det flerårige vegkartet som veileder CCAM Partnership. Den beskriver CCAM-partnerskapsstrategien for å oppnå de forventede virkningene tilsvarende portefølje av aktiviteter, ressursene og tidslinjen. Den setter partnerskapets mål og definerer prosessen for å identifisere og prioritere forsknings- og innovasjonsaktivitetene som trengs for å nå disse målene.

CCAM SRIA er grunnlaget for CCAM-partnerskapet under Horizon Europe-programme.

Utviklingen av CCAM skal medføre fordeler til alle innbyggere. Med full integrering av CCAM i transportsystemene er de forventede effektene for samfunnet følgende:

- **Trafikksikkerhet** – redusert antall drepte og ulykker forårsaket av menneskelige feil
- **Miljø** – redusert utslipp fra transportsektoren og køsituasjoner ved å optimalisere kapasitet, jevne ut topper i trafikkstrømmene og unngå unødvendige reiser

- **Inkludering** – sikre inkluderende mobilitet og tilgang på varer for alle
- **Konkurransedyktighet** – styrke konkurransekraften til europeisk industri gjennom teknologisk lederskap som sikrer langsiktig vekst og arbeidsplasser

CCAM Partnership er delt inn i 7 klynger (clusters):

Klynge 1: Storskala demonstrasjon. Målet med klynge 1 er å kontinuerlig implementere resultater fra alle andre klynger i storskala demonstrasjoner i piloter, FOT-er og Living Labs og en endelig konsekvensanalyse.

Klynge 2: Kjøretøyteknologier. Denne klyngen har som mål å levere de mest effektive fremtidige løsningene som har vist seg å være trygge og pålitelige. For Europas fremtidige mobilitet- og transportsystem, må betydelige tekniske forsknings- og innovasjonsutfordringer overvinnes siden morgendagens høyautomatiserte kjøretøyer vil stole på avanserte løsninger for å "sansetenkehandle". Dette muliggjør sikker samhandling med andre trafikanter og gir beskyttelse i nødtilfeller, samtidig som det vil sikre komfort for passasjerene i kjøretøyet.

Klynge 3: Validering. Denne klyngen vil levere prosedyrene, metodikkene og verktøyene som er nødvendig for å validere, verifisere og klassifisere CCAM-systemer, både når det gjelder selve teknologien og menneskelige faktorer som håndterer teknologien. Dette vil inkludere nødvendige beregninger og referanser for systemet oppførsel og ytelse.

Klynge 4: Integrasjon av kjøretøyet i transportsystemet. Forsknings- og innovasjonsprosjektene i denne klyngen vil støtte den fysiske og digitale infrastrukturen for CCAM-kjøretøyer og forbedre oppkobling og samarbeid mellom aktører, noe som vil støtte integreringen av CCAM kjøretøyer i det samlede transportsystemet slik at flåte- og trafikkstyringssystemer kan bli forbedret.

Klynge 5: Nøkkelteknologier som kunstig intelligens, Big Data og cybersikkerhet vil støtte hele mobilitetssystemet som består av kjøretøyteknologier, og integrere kjøretøyene i transportsystem, samt validering av alle aspekter av hele systemet. Klynge 5 inkluderer «Nøkkelmuliggjørende teknologier» med tekniske detaljer, bidrag, krav og risiko for Klynge 2, 3 og 4.

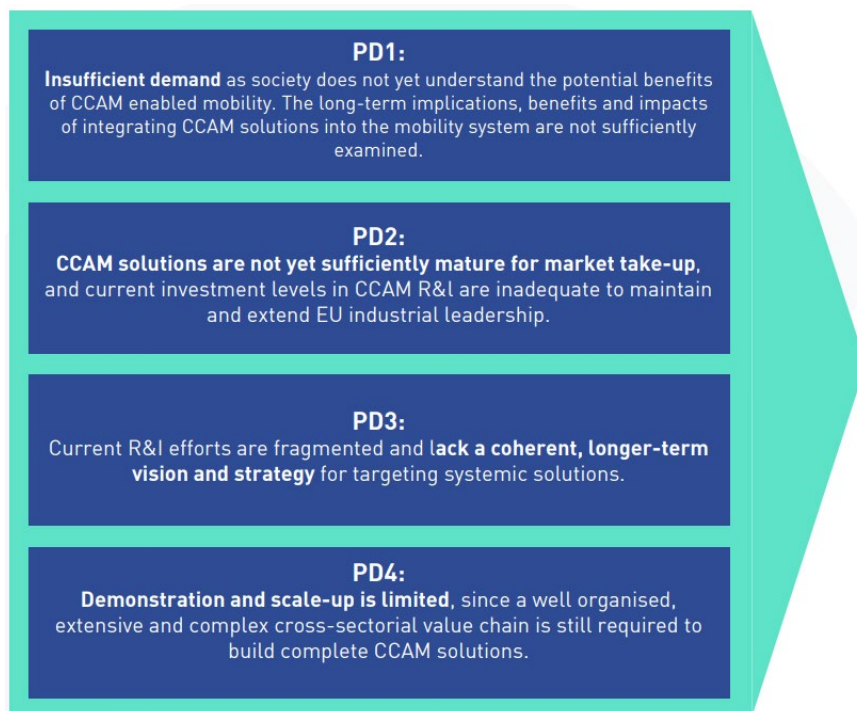
Klynge 6: Samfunnsaspekter og brukerbehov. Denne klyngen leverer rammeverket for forståelse og tar hensyn til bruker- og innbyggerbehov, og samfunnsaspekter ved mobilitet til alle andre klynger. Metoder og tiltak for samfunnsmessig konsekvensutredning skal utvikles og brukes ved gjennomføring av den endelige samfunnskonsekvensanalysen fra Klynge 1-resultater.

Klynge 7: Koordinering. Denne klyngen koordinerer alle CCAM interessenter og aktiviteter, tilrettelegger kunnskapsutveksling og muliggjør læring fra aktivitetene.

Rapporten har et relativt klart utsagn mht. realisering av CCAM:

Det er høye kostnader, risiko, barrierer og lange ledetider før FoU-investeringer i CCAM kan føre til innovative nye produkter og/eller tjenester som blir bredt utbredt. Spesielt automatisert mobilitet i vegtransport, er preget av komplekse interaksjoner innenfor det totale mobilitetssystemet. Den gjensidige avhengigheten mellom ulike deler av dette systemet krever at en spesifikk innovasjon (f.eks. nytt system for automatisert kjøring eller kommunikasjonssystem) må ledsages av rettidig innovasjon og utrulling av andre segmenter, som infrastruktur, logistikk eller forretningsmodeller. Dette for at det skal ha en positiv innvirkning på det totale systemet. Det krever også tverrsektorielle synergier med muliggjørere (f.eks. elektronisk komponenter og systemer, prosesseringsteknologier, datadrevet engineering, Internet-of-Things og kunstig intelligens) som har forskjellige tidsskalaer for innovasjoner og innovative forretningsmodeller (f.eks. "mobilitet som en tjeneste", Logistikk som en tjeneste/Fysisk Internett) for å virkelig lønne seg. Ventetiden for automatiserte kjøretøyer åpner for nye viktige utfordringer i forhold til pålitelighet, sikkerhet og personvern.

Problemdriverne diskutert ovenfor er oppsummert i Figur 4 .



Figur 4: Problemdrivere (Kilde: [39])

Figuren nedenfor er en god oppsummering av hvordan CCAM Partnership vil håndtere utfordringer, generelle mål og spesielle mål.



Figur 5: CCAM Partnership – problemdrivere, generelle mål og spesifikke mål (Kilde: [39])

3.3.2.4 National Road Authority - Connected and Automated Driving strategy 2018-28

Dette dokumentet [41] er utarbeidet av CEDR (Conference of European Directors of Roads). Bakgrunnen for utarbeidelsen av dette dokumentet er følgende:

Dette foreløpige diskusjonsdokumentet undersøker den sannsynlige virkningen av tilkoblet og automatisert kjøring (CAD) på vegmyndighetene. Den forklarer de store disruptive endringene som i betydelig grad vil endre oppfyllelsen av roller og ansvar til nasjonale vegmyndigheter i nær fremtid, og understreker behovet for internasjonalt samarbeid. CEDRs Connected Automated Driving-arbeidsgruppe, som en del av den europeiske paraplyorganisasjonen av nasjonale vegmyndigheter (NRA), tar tak i denne utfordringen ved å etablere en oversikt over de enkelte NRA-enes forventninger til infrastrukturendringer som er nødvendige i det neste tiåret. Tidsrommet har blitt ansett som den beste balansen mellom kortsiktige stabile planer og en langsiktig visjon som kreves for å håndtere slike betydelige endringer.

Dokumentet peker på noen områder som det er viktig at nasjonale vegmyndigheter følger opp for å håndtere den raske utviklingen innenfor teknologi:

- *Utvikling av en digital veginfrastruktur som muliggjør bruk av informasjonsteknologi og data for vegstyring: Her må det forventes to hovedaktiviteter. På den ene siden kan intelligent infrastruktur på vegsiden (f.eks. oppkobling, sensorer og landemerker) være nødvendig for å utfylle og forbedre situasjonsforståelsen, posisjoneringsnøyaktigheten og nødvendig kontekst for automatisert kjøring. Videre er det for tiden en debatt om nødvendig vegkantinfrastruktur for å lette kommunikasjon mellom kjøretøy og infrastruktur. Ulike nasjonale vegmyndigheter (NRA-er) har allerede besluttet å ta i bruk ITS G5 vegkantstasjoner eller lignende utstyr for å utnytte ny teknologi (som f.eks. LTE-V2I). Et annet åpent spørsmål er hvilke budsjettimplikasjoner fremtidig mobilteknologiutvikling (f.eks. 5G) vil ha. Bruk av satellitt-teknologi (Galileo) vil kunne bidra til å nå mål også, og innføringen kan få budsjettmessige konsekvenser.*
- *Anerkjenne betydelige forbedringer i baksystemer, tjenester og underliggende prosesser: Det kan forventes at enhver type fremtidig scenario for oppkoblet automatisert kjøring vil kreve betydelige forbedringer i levering av data fra vegmyndighetenes baksystemer for å mate andre tjenesteleverandørs baksystemer (sky-til-sky) tjenester, men potensielt også mot å levere datatjenester direkte inn i kjøretøyene (eller mobile enheter som brukes inne i kjøretøy, som smarttelefoner eller apper i kjøretøy) i et hybrid kommunikasjonsscenario. Utover de funksjonelle forbedringene som er angitt så langt, kan tiltak som kreves i denne sektoren også måtte dekke forbedrede rammebetingelser, f.eks. når det gjelder IT-sikkerhet og personvern.*

Disse betraktningene er basert på at i løpet av de neste 10 årene kan en forvente følgende:

- Et scenario for vegtransport der en majoritet av kjøretøyene er oppkoplet (samvirkende)
- At C-ITS dag 1, 1,5 og 2 tjenestene er fullt rullet ut
- Kjøretøyene har et grensesnitt mot føreren som tillater at føreren både kan ta imot og gi informasjon gjennom utstyr og programvare installert i kjøretøyet
- Automatiseringsnivå 3 og 4 er gjort mulig på motorveger og puljekjøring med tunge kjøretøyer er mulig, men det er fortsatt en blanding av kjøretøyer på nivåene 0 -5
- En oppdatert digital infrastruktur som også inkluderer datasikkerhet og personvern 'by design'
- Standardiseringen er klar, sikkerhet og pålitelighet er ivaretatt og det juridiske rammeverket er på plass
- 3G og 4G er tilgjengelig overalt og 5G er tilgjengelig noen steder. Her kan det være nødvendig at det offentlige eller vegholder må investere i 5G nett der det er nødvendig

Avslutningsvis har CEDR anbefalt følgende aktiviteter til nasjonale vegmyndigheter:

- Starte utviklingen av en strategi for oppkoplet automatisert kjøring (CAD - Connected and Automated Driving)
- Utarbeide detaljerte planer for innføring av automatisert kjøring slik at det blir mulig å beregne nødvendige nasjonale investeringer
- CAD arbeidsgruppe kan fortsette med å legge til rette for en samling av individuelle nasjonale strategier og vegkart
- CAD arbeidsgruppe kan fortsette med å sammenstille de nasjonale strategiene til en felles strategi (sammenligne, detektere eventuelle overlapp og sjekke viktige elementer som savnes)
- Utforme et sammenfattende vegkart for innføring av oppkoplet (samvirkende) automatisert kjøring (CAD) for de neste ti årene, - ikke med mål om å harmonisere, men med målet om å gi en oversikt
- Disse aktivitetene skal ha som mål å støtte individuelle vegmyndigheter i deres arbeid med innføring av CAD og å søke samarbeid med nøkkelaktører som bilindustrien, EU-kommisjonen og andre interessenter.

3.3.2.5 CEDR MANTRA - Impacts of connected and automated vehicles – State of the art

Dette dokumentet er utarbeidet i CEDR-prosjektet MANTRA [42]. Hovedformålet med dette dokumentet er å gjennomføre og oppsummere en omfattende state of the art på virkningene av oppkoplet og automatisert kjøring på reisebehov, reiseatferd, trafikkflyt, sikkerhet og energi. Gjennomgangen er basert på gjennomførte EU- og nasjonale prosjekter, og en litteraturgjennomgang av sentrale publikasjoner og artikler om emnet.

De fleste estimatene på virkningene av automatisert kjøring bygger enten på ekspertevaluering eller simuleringer. Noen estimerer bygger også på resultatene fra tester på førerstøttesystemer. Rapporten peker på flere mangler i simuleringene, f.eks. at dagens simuleringer bygger på menneskelig adferd. En annen mangel er simulering av interaksjonen mellom menneske og maskin, dvs. hvordan et kjøretøy som styres av en maskin vil forholde seg til et kjøretøy styrt av et menneske og vice versa. Rapporten peker også på de store variasjonene i de estimerte effektene. Noen forventer f.eks. at effekten av automatisert kjøring på trafiksikkerhet vil bli en bedring på 90 %, mens andre mener at bedringen vil være et ensifret tall. Det samme gjelder for andre områder og rapporten peker også på at virkningene for noen områder kan være helt motsatte. Rapporten peker også på andre faktorer som vil kunne virke inn på effektene, f.eks. konsepter som integrerte transporttjenester, delte transporttjenester og mobilitet som en tjeneste (MaaS).

Dokumentets innhold ligger utenfor denne rapportens område som er state-of-the-art for C-ITS tjenester. Den er imidlertid tatt med som en referanse for mulige effekter av automatisert kjøring.

3.3.3 Vitenskapelige artikler

3.3.3.1 A Survey of Autonomous Vehicles: Enabling Communication Technologies and Challenges

Denne undersøkelsen [44] diskuterer den nåværende utviklingen av to hovedkomponenter innenfor C-ITS: (1) innsamling av omgivelsesdata basert på sensorer i automatiserte kjøretøyer og (2) kommunikasjonsteknologier som gjør slik innsamling mulig. Først diskuterer artikkelen ulike sensorer og deres rolle i automatiserte kjøretøyer. Deretter diskuterer ulike kommunikasjonsteknologier for automatiserte kjøretøyer for å lette kommunikasjonen mellom kjøretøy og 'alt' (V2X). Basert på kommunikasjonsrekkevidde er disse teknologiene gruppert i tre hovedkategorier: lang rekkevidde, middels rekkevidde og kort rekkevidde. Kortdistansegruppen presenterer utviklingen av Bluetooth, ZigBee og

ultrabredbåndskommunikasjon for automatiserte kjøretøyer. Middels-området undersøker egenskapene til dedikert kortdistansekommunikasjon (DSRC). Til slutt presenterer langdistansegruppen mobilbasert, kjøretøyet til alt (C-V2X) og 5G-ny radio (5G-NR). En viktig egenskap som skiller hver kategori og dens passende applikasjon er latens.

Basert på en litteraturstudie om sensorer på automatiserte kjøretøyer kom forfatterne av denne artikkelen frem til de ulike typer sensorers utfordringer, jfr. Tabell 1

Tabell 1: Sensortyper og utfordringer

| Sensor | Utfordring |
|------------------------------|--|
| Ultrasoniske sensorer | <ul style="list-style-type: none"> • Kan ikke brukes i høye hastigheter • Maksimum rekkevidde er 2 m • Veldig lav oppløsning sammenlignet med RADAR |
| RADAR | <ul style="list-style-type: none"> • Generer mange falske alarmer pga. metallobjekter i kjøretøyets omgivelser • Virkeområde er mellom 5 og 200 meter • Bilder som genereres har lav oppløsning sammenlignet med kamera og LIDAR sensorer |
| LIDAR | <ul style="list-style-type: none"> • Lider meget under dårlig vær • Maksimum rekkevidde er 200 meter • Meget kostbar |
| kamera | <ul style="list-style-type: none"> • Overhead på beregninger øker tiden for tidskritiske applikasjoner • Maksimumrekkevidde er 250 meter avhengig av linsen • Stort gap mellom oppløsningen for et kamera og RADAR and LIDAR sensorer |

Ulike typer kjøretøykommunikasjon (Vehicle-to-vehicle (V2V), Vehicle to Infrastructure (V2I) og Vehicle to everything (V2X)) brukt av automatiserte kjøretøyer, er basert på ulike teknologier. Denne undersøkelsen differensierer disse teknologiene på grunnlag av overføringsrekkevidde. Som et resultat er Bluetooth, Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee og Ultrawide Band (UWB) gruppert som kort rekkevidde teknologier, mens Dedicated Short Range communication (DSRC) og Wi-Fi regnes som mellomdistanseteknologier. På samme måte er Cellular Vehicle to everything (C-V2X) og 5G- New Radio (5G-NR) identifisert som langdistanseteknologier.

Den undersøkelsen som er gjennomført har sammenlignet de ulike kommunikasjonsteknologiene med ulike applikasjoner. En kort oppsummering av funnene fra dette er gitt nedenfor:

- Kortholdskommunikasjon er egnet for applikasjoner som ikke har veldig strenge krav til latens, f.eks. advarsler om kollisjon med forankjørende kjøretøy, tollklarering og kjøretøyidentifisering. Kortholdskommunikasjon kan imidlertid ikke støtte applikasjoner som fjernstyring, fjernvedlikehold etc. pga. begrensinger i datahastighet og latens. Av de fire teknologiene i denne gruppen regnes UWB som den beste siden den tilbyr høyeste datahastighet og minste latens.
- Mellomdistanse basert kommunikasjon som DSRC og Wi-Fi muliggjør høyere mobilitet til de automatiserte kjøretøyene. DSRC kommunikasjon tilbyr større fleksibilitet og er bedre tilpasset V2X kommunikasjon enn WI-Fi. DSRC tilrettelegger også bedre for applikasjoner som unngåelse av kollisjon, assistanse ved feltskifte o.l. DSRCs har imidlertid noen begrensinger som overbelastning, Doppler og Hand Over. Basert på disse begrensningene og de meget strenge kravene til latens konkluderer artikkelen med DSRC ikke oppfyller alle kravene for V2X kommunikasjon.
- Langdistanse teknologier som C-V2X og 5G-NR teknologiene er utløsende teknologier for fremtidige intelligente transportsystem. Undersøkelsen identifiserer 5G teknologi som et av de viktigste fremstegene i utviklingen av automatiserte kjøretøyer.

3.3.3.2 Designing and Maintaining Roads to Facilitate Automated Driving

Dette er en PhD-avhandling [46] som etablerer et enhetlig rammeverk for å inkludere automatiserte førere (les: systemer) som nye trafikanter og foreslår et utgangspunkt for tilpasning av vegutforming og vedlikehold for å lette automatisert kjøring. Praktisk forskning fra laboratorium, tester, og virkelige tilfeller ble utført ved å bruke tilgjengelige data fra ADAS-applikasjoner mht. virkelige tilfeller. Basert på disse eksemplene, presenteres forslag til tilpasninger til design og vedlikehold for å støtte automatiserte førere. Avhandlingen beskriver også hvordan avanserte førerstøttesystemers funksjonalitet kan brukes til å overvåke tilstanden på veier.

De viktigste funnene i denne avhandlingen er:

Funn knyttet til å inkludere den automatiske føreren som en ny vegbruker

- Utvikling av et nytt enhetlig rammeverk for automatisert og menneskelig kjøring som for første gang inkluderer alle kjøreprosesser og identifiserer egenskaper av automatiserte førere basert på eksisterende teknologi.
- Egenskaper ved automatiserte sjåførere som er funnet å være av spesiell betydning for trafikkteknikk er:
 - Økt elektromagnetisk følsomhetsområde.
 - Større synsfelt.
 - Grunnleggende forskjeller i kognitive prosesser.

Funn relatert til geometrisk vegutforming for automatiserte førere

- Tre parametere må redefineres på kort sikt for automatiserte førere: øyehøyde, objekthøyde og reaksjonstid. Nye definisjoner av disse parameterne kan inkludere å erstatte øyehøyde og objekthøyde med nye designparametere som beskriver siktlinje og gjenstandsdeteksjon ved automatisert førere
- En ny manual for vegutforming for transport uten mennesker er anbefalt. Følgende geometriske vegutformingsparametere kan være revidert med hensyn til automatisert godstransport: vertikal akselerasjon, relativ vertikal hastighet, minimum vertikal kurveradius, klotoideparameter, og minimum horisontal kurveradius (tunneler).
- Formene og de dynamiske egenskapene til kjøretøy og endringer av disse bør fortsatt overvåkes

Funn relatert til tilpasninger av vegutforming for automatiserte førere

- Farger, mønstre og teksturer kan brukes til å få eksisterende vegelementer som rekkverk, trafikkdelere og vegmerking til å få økt synlighet for å lette automatisert deteksjon.
- Synlighet av utstyr for trafikkregulering i deler av det elektromagnetiske spekteret utover det synlige lyset, kan brukes til å legge til informasjon for automatiserte brukere, f.eks. strekkodelag i nær-UV for posisjonering.
- Kontrast mellom vegoppmerking og vegdekke er viktigere for kamerabasert kjørefeltdeteksjon enn mål på retro-reflektivitet.
- Kamerabaserte Lane Departure Warning-systemer (LDW) ser ut til å være uavhengige av utvendig belysning (annet enn frontlykter).
- Gul veimerking har høyere synlighet og kontrast til veibanen og snø i fargerom HSL (Hue, Saturation, and Lightness), HSV (Hue, Saturation og Value), og YUV (luminans, fargekomponent U og fargekomponent V).
- Gul veimerking kan lette automatisert kjøring i snø bedre enn hvite markeringer.
- Typen og tykkelsen på veimerking kan påvirke vellykket deteksjon av kamerabasert filskiftevarsel.

Funn relatert til vegvedlikehold for menneskelige og automatiserte førere

- Lane Departure Warning applikasjonen viser at Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) kan brukes til å overvåke tilstanden på oppmerking.
- Lane Departure Warning applikasjonen kan brukes til å identifisere når snø o.l. hindrer detektering av oppmerking
- Data fra Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) kan brukes til å definere Operational Design Domains (ODDs) and Infrastructure Support Levels for Automated Driving (ISAD).

3.3.3.3 Autonomous Vehicles: Data Protection and Ethical Considerations

Denne artikkelen [47], ser på de nye utfordringene mht. personvern og datasikkerhet som innføringen av automatiserte kjøretøyer vil bringe. Artikkelen beskriver også arbeidet med å undersøke de etiske og ansvarsrelaterte bekymringene knyttet til algoritmebaserte beslutninger som er mye av beslutningsgrunnlaget for systemer for automatisert kjøring, kjøring hvor en maskin utfører alle føreroppgavene.

Artikkelen konkluderer med at en kritisk faktor mht. å oppnå brukeraksept på transport med automatiserte kjøretøyer er å forsikre brukerne om at den teknologien som brukes ikke utgjør en vesentlig trussel for personvernet og at systemet er designet for å beskytte brukeren mot sporing utført av myndigheter eller aktører involvert i økosystemet rundt den automatiske kjøringen.

Det er flere forskningsutfordringer mht. personvern innenfor områdene maskinlæring og kunstig intelligens knyttet til automatisert kjøring. Forfatterne av artikkelen hadde spesielt merket seg at anonymisering av videoer som tas opp av kjøretøyet kan redusere kvaliteten på detektering. Et nærliggende eksempel her er detektering av fotgjengere og syklistene hvor en anonymisering (sladding) av fotgjengere og syklistene kan medføre redusert mulighet for riktig detektering. Det er også behov for en bedre harmonisering mellom de ulike regelverkene for personvern rundt om i verden.

Artikkelen peker på områder hvor bilindustrien må få klare retningslinjer og veiledning for å håndtere usikkerheter knyttet til lovverket. Artikkelen nevner to eksempler: 1) prosessering av CAM og DENM-meldinger og 2) videoer som er tatt opp av kamera i frontruten av kjøretøyet. Regulatorer i EU anmoder om en forsiktig tilnærming mht. bruk av kunstig intelligens selv om kunstig intelligens er ansett å være essensiell mht. automatisert kjøring.

Mht. etikk er det nødvendig med mere forskning for å analysere avveiningene mht. å bruke ulike typer etiske regler for automatiserte kjøretøyer. Det er også fortsatt mange ubesvarte spørsmål mht. ansvarsfordelingen når det skjer uønskede hendelser.

En annen utfordring som følger av maskinlæring er hvordan man vurderer systemkravene som er nødvendig for å erstatte de menneskelige vurderingene som mennesket som fører av kjøretøyet utfører mht. å redusere risikoen for feilklassifiseringer av kjøretøyets omgivelser.

Artikkelen avslutter med at det er meget viktig å adressere de utfordringene som er nevnt ovenfor siden usikkerhet omkring disse temaene vil kunne påvirke teknologivalg og utvikling i tillegg til å redusere investorers interesse i utviklingen av automatiserte kjøretøyer.

3.3.3.4 C-V2X Supported Automated Driving

Denne artikkelen [48] undersøker hvordan kjøretøyer kan utveksle informasjon om omgivelsene basert på 5G kommunikasjon. Sensorsystemene til et kjøretøy kan registrere informasjon om omgivelsene typisk 250 meter foran kjøretøyet. LiDAR kan se ca. 120 meter, men påliteligheten mht. å se mindre objekter som dyr og gods som er falt av kjøretøyer og ligger i kjørebanelen, synker når avstanden er mer enn 50 meter.

Samvirkende sensorsystemer vil kunne utvide virkeområde for sensorsystemene og vil kunne utvide effekten av sensorsystemene vesentlig. Dagens 3G/4G nettverk har utvidet kapasiteten for nedlastning vesentlig, men opplastingens kapasitet er begrenset og kjøretøyene kan derfor ikke laste opp informasjon om de omgivelsene (punktskyer) sensorsystemet ser foran kjøretøyet. Denne artikkelen beskriver resultatene fra forsøk i Finland og Kina mht. samvirkende sensorsystemer og å bruke 5G til mobilkommunikasjon for kjøretøy til alt (C-V2X).

Testen viste at båndbredden for opplasting av data er bedre med 5G nettverk sammenlignet med LTE-4G nettverk selv om de nettverkene som ble brukt i testene var avansert LTE og standard 5G. En av de viktigste utfordringene er følsomheten for nettverksdekning og kapasitetsendringer avhengig av antennejustering og posisjon. Kapasiteten på båndbredden kan falle opptil 60% på en strekning på 200 meter foran kjøretøyet dersom hindringer umuliggjør direkte siktlinjer mellom antennene på de kjøretøyene som skal utveksle punktskyer. Forsinkelsene i kommunikasjonen er også avhengig av kjøretøyets omgivelser og kan overstige 0,5 sekunder som er for lenge for en pålitelig utveksling av data. En av de mulige vegene fremover er derfor å optimalisere kjøretøyets hastighet til kvaliteten på eksterne data.

Det er forventet at det vil komme C-V2X-PC5 enheter som vil gjøre det mulig med direkte 5G basert kommunikasjon mellom kjøretøyer som da er uavhengig av basestasjoner. Dette vil være et viktig fremtidig forskningsområde siden forsinkelsen i kommunikasjonen forventes å være lav. Dette gjør det også mulig å bruke 5G teknologi i områder som ikke er dekket med 5G nett.

Deling av data reiser også spørsmål knyttet til datasikkerhet og personvern og dette begrenser tilgangen til åpne data. Det er ikke alle førere som tillater at kjøretøyet de bruker er kontinuerlig overvåket og dette er et viktig aspekt mht. fremtidig utvikling av C-V2X. I noen tilfeller kan fører/eier skru av overvåkning og dette kan også bety at funksjoner for automatisert kjøring ikke vil være tilgjengelig.

Artikkelen sier avslutningsvis at alle de største bilfabrikantene er tungt involvert i utviklingen av C-V2X funksjonalitet. Formålet med denne involveringen er ikke bare automatisert kjøring, men også et økosystem for deling av data hvor kjøretøyene er en del av den sammenkoblede verden gjennom å være Internet-of-Things (IoT) noder.

3.3.3.5 Development and Verification of Infrastructure-Assisted Automated Driving Functions

Denne artikkelen [49] rapporterer resultatene fra EU-prosjektet ESRIUM som har utviklet en C-ITS-applikasjon som skal redusere sporslitasjen etter hvert som automatiserte kjøretøyer blir flere og flere. Disse kjøretøyene forventes å velge samme plassering i kjørefeltene, f.eks. midt mellom kantlinjene, og dette vil føre til en spordannelse som er vesentlig forskjellig fra dagens spordannelse. Automatiserte kjøretøyer med denne C-ITS applikasjonen vil kunne bidra til redusert spordannelse i vegdekket.

Innledningsvis beskriver artikkelen at dagens nivå for automatisert kjøring ligger på SAE nivå 3, dvs. føreren er ansvarlig for fremføring av kjøretøyet, men kan overlate alle føreroppgaver til et system for automatisert kjøring. Når systemet ikke kan utføre disse føreroppgavene, må føreren være klar til å overta. Opp til nivå 3 kan kjøretøyet med egne sensorer utføre disse oppgavene, men på nivå 4 og 5 vil det være behov for støttetjenester fra den digitale infrastrukturen. I sin enkleste form kan det være kommunikasjon som overfører dynamisk informasjon om trafikk og hendelser foran kjøretøyet og utenfor virkeområde for kjøretøyets egne sensorer.

Hovedinnovasjonen i dette prosjektet er et digitalt kart over vegslitasje og spordannelse. Dette kartet skal bistå vegholder i bedre forvaltning, drift og vedlikehold av vegen, men det skal også brukes til å regulere automatiserte kjøretøyer mht. deres kjørespor i kjørefeltet. Innledningsvis har artikkelen også en beskrivelse av ulike forsøk på å bestemme kjøretøyets kjørespor.

Artikkelen beskriver to bruksområder (use cases) som er testet ut gjennom simulering. Det første bruksområdet er off-set anbefaling for kjøring i et kjørefelt og det andre bruksområdet er et strategisk feltskifte og utnyttelse av kjørefeltene for automatiserte kjøretøyer. I begge tilfeller får kjøretøyene nødvendig informasjon gjennom C-ITS meldingen In-Vehicle Information Message (IVIM) som er definert i ISO standarden ISO/TS 19321:2020 Intelligent Transport Systems—Cooperative ITS—Dictionary of In-Vehicle Information (IVI) Data Structures. I det første bruksområde skal kjøretøyet i utgangspunktet kjøre midt i kjørefeltet, få en IVIM melding om off-set, f.eks. kjør 20 cm til høyre for kjørefeltets midtlinje (anvendt i simuleringen), holde denne nye kjørespørinjen gjennom sonen med stor sporslitasje og deretter vende tilbake til et kjøretøyspor langs midtlinjen. I det andre bruksområdet får kjøretøyet en IVIM melding om at høyre felt (ett av tre kjørefelt) er ødelagt og kjøretøyet må skifte over til feltet til venstre inntil det har passert den ødelagte strekningen. Begge scenarioene var på en rett strekning av en motorveg og kjørehastigheten var 130 km/t.

Simuleringene viste at det var mulig å gjennomføre både off-set i kjørefeltet og feltskifte. Simuleringene inkluderte ikke at kjøretøyet som skulle skifte felt skulle ta hensyn til trafikk i det feltet som kjøretøyet vekslet til. Den C-ITS applikasjonen som var utviklet og testet vil gjøre det mulig for vegholder å sende ut IVIM-meldinger til automatiserte kjøretøyer og på den måten redusere den konsentrerte sporslitasjen som vegholder ellers må forvente. Et aktuelt anvendelsesområde er konvoier av sammenkoblede tunge kjøretøyer som gjennom denne C-ITS applikasjonen kan fordeles litt på begge sider av senterlinjen i kjørefeltet og på den måten redusere sporslitasjen. Artikkelen avslutter med at denne applikasjonen vil bli prøvd i et virkelig automatisert kjøretøy og testet i virkelige omgivelser.

3.3.3.6 DIREC - Digital Road for Evolving Connected and Automated Driving

Dette prosjektet er et prosjekt i CEDR programmet Call 2020 Impact of CAD on Safe Smart Roads. Bakgrunnen og hovedmålet for dette prosjektet er beskrevet slik på prosjektets hjemmeside [50]:

Connected and Automated Driving (CAD) er et viktig område innen digital teknologi som vil bringe store omveltninger til enkeltpersoner, økonomier og samfunn. De fleste former for CAD krever et visst nivå av infrastrukturstøtte for sikker drift. Ytterligere infrastruktur og tjenester for å støtte CAD har potensialet til å forbedre sikkerheten ytterligere, og til å gi andre fordeler som økt kapasitet eller redusert overbelastning. Infrastrukturkravene fra bilprodusentene er imidlertid ikke alltid klare, og det er vanskelig for nasjonale tilsynsmyndigheter å forutsi og planlegge for fremtidige nivåer av støtte som trengs for CAD, gitt teknologi i rask utvikling og usikre prognoser for fremtidig CAD-etterspørsel. Det er behov for bedre dialog mellom nasjonale vegmyndigheter, bilprodusenter og tjenesteleverandører for å formulere disse kravene og definere et veikart og ansvar for å oppnå trygge og smarte veier gjennom CAD.

DiREC er et prosjekt som skal gå i perioden 2021-2023. Større engasjement og dialog er nøkkelfaktorer. Gjennom en bedre forståelse av automatiserte kjøretøyers krav til infrastruktur og kommunikasjon og disse kjøretøyenes utfordringer i virkelige omgivelser, vil vegmyndighetene kunne gjennomføre en strategisk planlegging med tanke på å støtte automatisert kjøring og gi vegmyndighetene en mye bedre posisjon mht. å påvirke trafikkavviklingen i egne nettverk.

En mer proaktiv innfallsvinkel for samarbeid med bilprodusentene og tjenesteleverandører vil også fremme vegmyndighetenes involvering i tjenester som utvikles rundt digitale kart, posisjonering, navigering og trafikkstyring. Ved å sammenstille vegmyndighetenes digitale planer og strategier med kravene til bilprodusentene og automatiserte kjøretøyer og å gi retningslinjer til tjenestetilbydere, vil et felles rammeverk for automatisert kjøring bidra til vesentlige kostnadseffektiviseringer og en økonomisk overgang. Det vil også bidra til å optimalisere leveransen av infrastruktur og kommunikasjonssystemer på nasjonale vegnettverk.

Prosjektet vil levere visjonen, rammeverket og verktøyene for å oppnå prosjektets mål. Dette vil også inkludere et klart bilde av risikoene, mulighetene, effekter og andre aspekter i tilknytning til automatiserte kjøretøyer. Prosjektet vil utarbeide et vegkart for hvordan aspektene nevnt over kan prosesseres. Prosjektet vil også levere verktøy som kan brukes til å måle progresjonen mot vegnettverk som er forberedt for automatisert kjøring. For å støtte vegmyndighetenes vil prosjektet levere følgende mål [50]:

- *En felles visjon om kravene til maskinlesbar og navigerbar infrastruktur tilrettelagt for automatisert kjøring.*
- *Et praktisk og fleksibelt rammeverk som definerer forskjellige scenarier for automatisert kjøring og de forskjellige infrastrukturene og tjenestene som støtter de, ved å bruke en tilnærming basert på tjenestenivå (service level)*
- *En klar visjon for, og definisjon av, digitale tvillinger blant vegmyndigheter, inkludert hvordan de kan utformes og implementeres for å støtte automatisert kjøring*
- *En gjennomgang av de juridiske og regulatoriske aspektene over hele Europa for å muliggjøre koordinert og produktiv fremgang for å støtte automatisert kjøring*
- *Praktiske verktøy for vurdering av tjenestenivå for å hjelpe vegmyndighetene med å måle progresjonen mot beredskap for automatisert kjøring*
- *En metodikk for å utføre kostnad-nytte-analyse for å hjelpe vegmyndighetene med å planlegge og utvikle strategier og prosjekter til støtte for automatisert kjøring, støttet av casestudier*
- *Et skreddersydd veikart for vegmyndigheter som identifiserer referanser og tiltakene som kan tas for å oppnå definerte servicenivåer på kort, mellomlang og lang sikt.*
- *Anbefalinger for fremtidig styring av et rammeverk for klargjøring for automatisert kjøring.*

På hjemmesiden til DiREC (directproject.com) finnes det foreløpig (desember 2022) ingen rapporter eller publikasjoner fra prosjektet.

3.3.3.7 Infrastructure support for automated driving: Further enhancements on the ISAD classes in Austria

Denne artikkelen ser på klassifisering av vegnettverk mht. egnethet for automatisert kjøring. [51]. Innenfor området automatisert kjøring er det mye fokus på kjøretøyets egnethet og funksjonalitet mht. automatisert kjøring. Veginfrastrukturen kan imidlertid spille en viktig rolle mht. å muliggjøre og støtte automatisert kjøring. Det foreligger en klassifisering av infrastrukturstøtte for automatisert kjøring (Infrastructure Support for Automated Driving – ISAD). Denne klassifiseringen er basert på tilgjengelighet av statisk og dynamisk informasjon og muligheter for kommunikasjon. I denne artikkelen er denne klassifiseringen anvendt på vegnettverket i Østerrike. En klassifisering iht. ISAD kan sees på som et verktøy til systematisk å definere vegstrekninger hvor automatisert kjøring kan foregå og til å beskrive vegstrekninger som må oppgraderes.

Automatisert kjøring er basert på noen viktige forutsetninger som kan bli gruppert i følgende områder:

- Fører- maskin interaksjon, dvs. fordeling av føreroppgavene mellom fører og maskin (Automated Driving System ADS)
- Det automatiserte kjøretøyets egenskaper
- Vegholder, dvs. ansvarlig for fysisk og digital infrastruktur
- Juridisk rammeverk, dvs. lover og forskrifter knyttet til automatisert kjøring

Følgende klassifiseringskonsepter har definert de fire områdene over mer detaljert:

- SAE J3016 [53] som beskriver graden av automatisering og fordeling av føreroppgavene mellom menneske og maskin
- Området for operasjonell design (Operational Design Domain ODD) som beskriver de forholdene som systemet for automatisert kjøring skal operere under

- Infrastrukturens støttesystemer for automatisert kjøring (Infrastructure Support for Automated Driving - ISAD) [52], se *Figur 6* som er basert på en tilsvarende figur i [51].

Digital informasjon levert til aut. kjt.

Infrastrukturstøtte til automatisert kjøring
Infrastructure Support for Automated Driving – ISAD

TFo 2023

| | ISAD | Navn | Infrastruktursiden | Kjøretøysiden | Digitalt kart med trafikkskilt | VMS advarsler, hendelser, vær | Mikroskopisk trafikk situasjon | Veiledning: hastighet, luke, feltanvisning |
|-----------------------------|------|---|---|--|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|
| Konvensjonell infrastruktur | E | <i>Konvensjonell infrastruktur, ingen støtte til automatiserte kjøretøyer</i> | Ingen støtte for automatiserte kjøretøyer | Kjøretøyet må selv observere og registrere veggeometri og trafikkskilt | | | | |
| | D | <i>Statisk digital informasjon/kartstøtte</i> | Digitale kart inkl. statiske skilt supplert med fysiske referansepunkt | Trafikksignaler, korte vegarbeider og VMS-skilt må bli gjenkjent av kjøretøyet | → | | | |
| Digital infrastruktur | C | <i>Dynamisk digital informasjon</i> | All statisk og dynamisk informasjon kan leveres til automat. kjøretøyer i digital form | Automatiske kjøretøyer oppfatter støtdata fra infrastrukturen | → | → | | |
| | B | <i>Kooperativ oppfattelse</i> | Infrastrukturen kan oppfatte mikroskopiske trafikksituasjoner | Automatiske kjøretøyer oppfatter støtdata fra infrastrukturen i sanntid (C-ITS Day 1) | → | → | → | |
| | A | <i>Kooperativ kjøring</i> | Infrastrukturen kan oppfatte kjøretøyspor og veilede aut. kjt. (eller grupper av aut. kjt.) | Automatiserte kjøretøyer er veiledet av infrastrukturen for å optimalisere trafikstrømmen (C-ITS Day 2+) | → | → | → | → |

Figur 6: ISAD klassifisering (Kilde for figur: [51])

Infrastruktur på nivå E betyr i praksis at det ikke er noen digital støtte fra infrastrukturen mht. automatisert kjøring. Det automatiserte kjøretøyet må basere seg på egne sensorer. ITS-applikasjonene ‘Lane keeping’ og Adaptiv cruisekontrol basert på kjøretøyets registrering av kantlinjer/kjørefeltlinjer og avstanden til kjøretøyet foran er eksempler på automatisert kjøring uten støtte fra digital infrastruktur.

Infrastruktur på nivå D betyr at det finnes digitale kart om den statiske fysiske infrastrukturen, som f.eks. veglinjer og statiske trafikkskilt. Det automatiserte kjøretøyet må fortsatt kunne oppfatte og bruke informasjon som kjøretøyets sensorsystem får fra f.eks. trafikksignaler, variable skilt (VMS) og kortvarige vegarbeider. Informasjonen må lastes ned til kjøretøyet før kjøretøyet kjører på den aktuelle strekningen.

For at en vegstrekning skal bli klassifisert som ISAD C, må dynamisk informasjon være tilgjengelig på den aktuelle strekningen. Det betyr at dynamisk informasjon som f.eks. varsler om hendelser, variable fartsgrenser og glatt kjørebane må være tilgjengelig og sendes fra den digitale infrastrukturen til kjøretøyet. I Europa er DATEX II et meget brukt meldingsformat for slike meldinger.

Klassifisering på ISAD B krever at infrastrukturen kan oppfatte mikroskopiske trafikksituasjoner og også å kunne kommunisere med det automatiserte kjøretøyet. Data om mikroskopiske trafikksituasjoner kan registreres gjennom ulike sensorer. Infrastrukturen kan reagere umiddelbart og sende meldinger til kjøretøyene om trafikksituasjonen, f.eks. via Infrastructure-to-vehicle (I2V) basert på C-ITS meldinger slik de er definert i [54] og [55]. Et eksempel her kan være at en videosensor detekterer et kjøretøy som har stoppet og som står delvis ut i høyre kjørefelt. Vegkantutstyr eller sentralsystem kan umiddelbart kringkaste en melding til kjøretøyene i området om denne hendelsen.

Klassifisering til ISAD A krever at infrastrukturen kan registrere kjøretøyspor (vehicle trajectories) og veilede/styre enkeltkjøretøyer eller grupper av automatiserte kjøretøyer. Når automatiserte kjøretøyer kjører på vegklasse A, blir kjøretøyene veiledet/styrt av infrastrukturen slik at trafikstrømmen optimaliseres. Eksempel på slike veiledningsmeldinger kan være avstand til forankjørende kjøretøy og råd om å skifte felt. Slike meldinger er kalt C-ITS Dag 2 for automatisert kjøring.

Hvis et automatisert kjøretøy ikke har nok statisk og dynamisk informasjon til å kjøre på f.eks. SAE-nivå 3, vil kjøretøyet måtte overlata føreroppgavene til føreren. Her kan infrastrukturen støtte kjøretøyet med ekstern informasjon slik at kjøring på nivå 3 kan opprettholdes. På samme måte som kjøretøydata må ha

en bestemt kvalitet for automatisert kjøring, må data som sendes til kjøretøyet også ha en bestemt kvalitet for å sikre en effektiv og trafikksikker kjøring.

I Østerrike er det etablert en prøvestrekning (ALP.lab) på motorveg A2 i nærheten av Gratz. Her er det laget en 3D modell og et høyoppløselig (HD) kart for prøvestrekningen. I tillegg er det installert digitale og fysiske elementer i infrastrukturen:

- HD videokameraer med kjørefeltbasert overvåking av hvordan trafikken fungerer
- Kjøretøydetektorer (kjørefeltbasert) som detekterer enkeltkjøretøyer
- Radarsensorer som ser enkeltkjøretøyer i de ulike kjørefeltene
- C-ITS hybrid kommunikasjon (ITS-G5/802.11p)

Siden 2018 har ASFINAG (den østerrikske bomvegoperatøren) sent ut C-ITS Dag 1 meldinger på denne prøvestrekningen. Siden 2019 er det sendt ut utvalgte C-ITS Dag 2 meldinger for automatisert kjøring. Disse meldingene har som mål å veilede kjøretøyene i spesielle trafikksituasjoner gjennom anbefalinger om hastighet, kjørefelt og avstand til forankjørende kjøretøy.

Østerrike har klassifisert motorvegnettet i ISAD. Alle motorvegseksjonene oppfyller kravene til ISAD D, dvs. digitale kart med statiske trafikkskilt. Den høyeste klassen er ISAD B og den er på den 23 km lange ALP.lab strekningen ved Graz. ISAD klassifiseringen vil støtte automatiserte kjøretøyer til å operere under forutsigbare forhold. De operasjonelle forholdene (ODD) vil kunne endre seg uten varsel, og i slike tilfeller kan støtte fra infrastrukturen kompensere for uforutsette endringer i de operasjonelle forholdene. Artikkelen nevner plutselige endringer i vegens topologi, trafikkforhold og spesielle værforhold som eksempler på plutselige endringer i de operasjonelle forholdene.

3.3.3.8 Infrastructure-Supported Cooperative Automated Driving in Transition Areas

Automatisert kjøring er ikke mulig overalt og den er begrenset av Operational Design Domain (ODD). Det er derfor nødvendig å overføre kontrollen fra systemet for automatisk kjøring til mennesket som overtar styringen av kjøretøyet. Hvis slik overføring mislykkes vil det føre til en kontrollert stopp som kan medføre uønskede hendelser, spesielt etter hvert som antall automatiserte kjøretøyer øker. Denne artikkelen [56] beskriver resultatene av feltforsøk i EUH2020 prosjektet TransAID. Dette prosjektet har utviklet nye infrastrukturassisterte trafikkstyringstiltak basert på V2X (kjøretøy til alt) kommunikasjon. Gjennom forsøk på offentlig veg og testområder er det vist at støtte fra infrastrukturen og V2X kommunikasjon kan i vesentlig grad redusere behovet for overføring av kjøretøykontrollen fra maskin til fører og minimum risikomanøvrer (f.eks. kjøretøyet stopper i kjørebanelen) og gjennom dette redusere risikoen for blokkerte veier.

Dette prosjektet hadde følgende hovedmål:

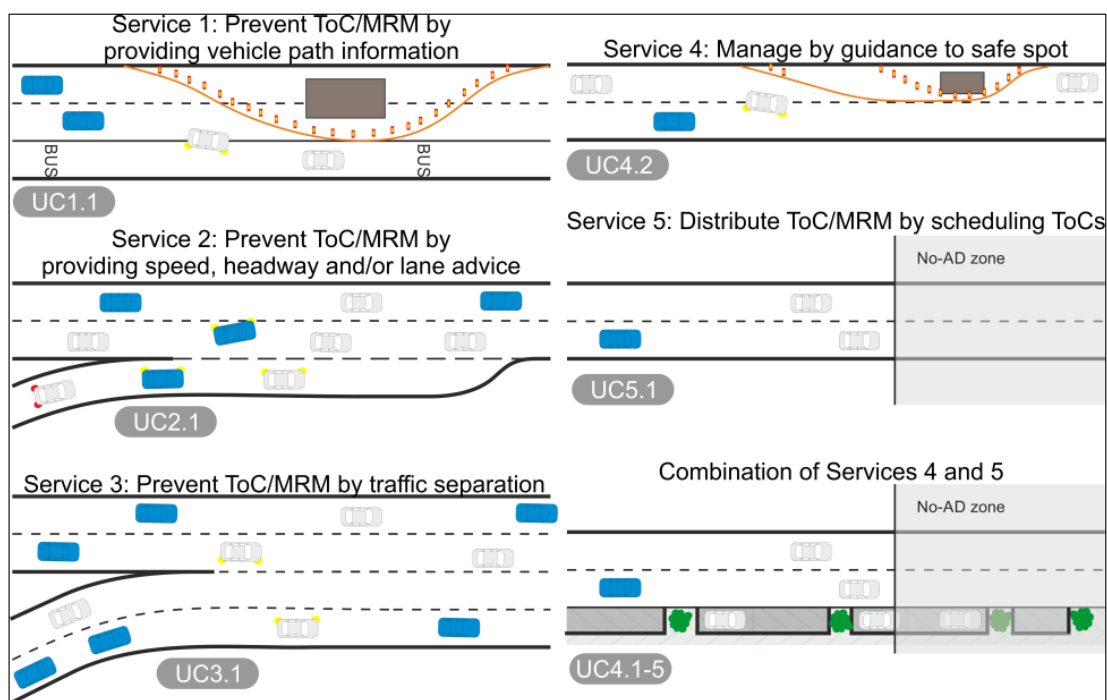
- Estimere virkningen av overføring av kontroll (Transfer of Control (**ToC**)) og minimum risikomanøvrer (Minimum Risk Maneuvers (**MRM**)) ved ulike grader av innføringshastigheter for automatiserte kjøretøy
- Utvikle nye trafikkstyringstiltak for å redusere negative konsekvenser for trafikkavvikling og sikkerhet. Disse tiltakene utnytter støtten fra infrastrukturen, inkludert overvåking og ITS-G5-baserte kommunikasjonsmuligheter
- Definere og studere V2X meldingssett for å tillate samarbeid mellom infrastruktur og kjøretøy og mellom kjøretøy (V2V)
- Estimere virkningen på trafikkavviklingen og sikkerhet av trafikkstyringstiltakene
- Vise at de utviklede tilnærmingene er gjennomførbare når det gjelder prototypiske implementeringer i den virkelige verden
- Utvikle retningslinjer og et veikart for interessenter

Prosjektet utviklet 5 tjenester som skulle brukes i ulike testscenarier:

- Tjeneste 1 – Forhindre ToC/MRM ved å gi informasjon om kjøretøyspor som kjøretøyet kunne benytte: Her leverer infrastrukturen et kjøretøyspor som lar tilkoblede automatiserte kjøretøy (CAV) overkomme en gitt situasjon.
- Tjeneste 2 – Forhindre ToC/MRM ved å gi råd om hastighet, fremdrift og/eller kjørefelt: Noen ganger kan parametriserende automatiseringsfunksjonalitet unngå kritiske situasjoner og redusere ToCs/MRMs.
- Tjeneste 3 – Forhindre ToC/MRM ved trafikkadskillelse: Adskillelse av trafikk er den mest drastiske måten å takle ulike muligheter på
- Tjeneste 4 – Styre kjøretøyet med veiledning til et trygt sted: I tilfelle en ToC/MRM ikke kan unngås, kan infrastrukturen hjelpe til med å finne et sted hvor kjøretøyet kan stoppe trygt uten å være til hinder for andre
- Tjeneste 5 – Fordele ToC/MRM ved å planlegge ToCs: Å ha alle ToCs nær det kritiske området har større konsekvenser enn å fordele dem langs veien

Figur 7 viser en oversikt over hvordan de ulike testscenariene var koplet sammen med de ulike tjenestene.

I forsøkene ble det benyttet to ulike versjoner av mobile vegkantstasjoner. Begge stasjonene var utstyrt med ulike typer kameraer, radarer og kommunikasjonsutstyr. Den ene stasjonen ble også supplert med data fra ulike infrastrukturensensorer, f.eks. induktive sløyfer.



Figur 7: Oversikt over testscenarier (Use Case (UC)) og tjenester (Kilde for figur: [56], gjengitt med tillatelse fra Julian Schindler, DLR)

Dette prosjektet har gjennom en prototyper plattform og feltforsøk vist at kombinasjonen av infrastruktur, kjøretøylogikk og V2X kommunikasjon medfører et stort potensial for å dempe negative effekter av automatisert kjøring i overgangsrområder, dvs. områder hvor det automatiserte kjøretøyet må overføre kontrollen til en fører fordi ODD på nedstrøms strekning ikke tillater automatisert kjøring.

Ettersom infrastrukturen har en bedre oversikt over den totale trafikk situasjonen og spesifikke lokale miljøforhold for overganger til området uten tilstrekkelig ODD for automatisert kjøring, kan infrastrukturen optimalisere trafikkflyten og redusere antall ToCs/MRMs ved å gi spesifikke, og noen ganger til og med individuelle råd (f.eks. hastighet, kjørefelt, fremdrift...) til de automatiserte kjøretøyene. Når overføring av kontroll er uunngåelige, kan det gi optimale posisjoner for ToCs og påfølgende MRMs, noe som reduserer risikoen for at de automatiserte kjøretøyene blokkerer veien. Ved å kombinere rådgivning om infrastruktur med V2V-samarbeidsstrategier, er automatiserte kjøretøyer også i stand til å forhandle om sine bevegelser, noe som fører til bedre samvirke, f.eks. ved feltskifter [56].

3.3.3.9 Overview of connected and automated driving test sites

Denne artikkelen beskriver STAPLE prosjektet (SiTe Automation PRactical Learning) finansiert av CEDR (Conference of European Directors of Road). Det overordnede målet med STAPLE-prosjektet er å gi en omfattende gjennomgang av teknologiske og ikke-teknologiske aspekter ved de mest relevante teststedene for automatiserte kjøretøyer. Disse aspektene skal brukes til å forstå virkningen av disse stedene på nasjonale vegmyndigheters kjernevirksomhet og funksjoner.

Prosjektet definerte fire områder hvor nasjonale vegvesen/etater trenger å fokusere mest for å drive og yte tjenester til trafikantene:

Trafikksikkerhet: utviklingen innen automatisert kjøring omfatter flere forskningsområder vedrørende trafikksikkerhet, f.eks. aktive og passive systemer i kjøretøy, fører aspekter og sikre veier og infrastruktur for automatisert kjøring. Viktige aspekter her er menneskelige faktorer, rapportering av hendelser, maksimum hastighet på kjøretøyer på teststedene og bremseavstand mellom kjøretøyene.

Byggeplasser og vedlikehold: dette området dekker et bredt spekter av spesifikke utfordringer for automatisert kjøring. Hovedtemaene som skal tas opp er å forbedre sikkerheten i arbeidssoner og å øke effektiviteten ved å automatisere vedlikehold på motorveger. Viktige aspekter her er varsling av vegarbeid, effekter på fysisk og digital infrastruktur, bruk av roboter i automatisert vedlikehold, mulige besparelser av automatisering og sist, men ikke minst, effekten på vegarbeidernes sikkerhet.

Trafikkavvikling: overbelastning av vegnettverket er et av de alvorligste transportproblemene vi står overfor i dag. Dette har negativ innvirkning på bilister, næringsliv og miljø. Derfor er nasjonale vegmyndigheters viktigste behov for å takle overbelastning på deres travleste ruter i dag, å unngå trafikkaos i morgen. Dette området fokuserer på å fastslå hvilken innvirkning automatisert kjøring vil ha på trafikkflyten. Hovedtemaene inkluderer strategier for samvirkende kjøretøyer og automatiserte trafikkontroller i tillegg til mer effektiv bruk av vegkapasiteten. Viktige aspekter her er samvirkende trafikk signalsystemer og deres effekt på trafikkavvikling (GLOSA), automatiserte systemer i kjøretøy eller vegkant, kjøretøypuljer (platooning) og innføringsgrad av automatiserte kjøretøyer.

Kundeservice: dette området fokuserer på trafikanter som kunder av veginfrastrukturen og dens tjenester levert av veioperatørene - infrastruktur som en tjeneste. Hovedbetraktningene her inkluderer kundetilfredshet på grunn av tilgjengeligheten av veginfrastruktur, opprydding etter hendelser og å gi brukerne sanntids "brukerinformasjon" som er nødvendig for å reise trygt og effektivt. Viktige aspekter her er infrastruktur som en tjeneste, brukerinformasjon inkl. pålitelighet, tidsriktig informasjon, robusthet på data, data sikkerhet, brukervennlig design, kundenes tilfredshet, brukerinformasjon i kjøretøyet, vegrelatert værinformasjon, bruker akseptanse, brukernes helse og andre sosiale tema knyttet til automatisert kjøring.

Artikkelen konkluder med følgende punkter:

- STAPLE-prosjektet styrker posisjonen til de nasjonale vegmyndighetene innenfor automatisert kjøring. Ikke bare fordi de bidrar med verdifull kunnskap fra testene, men også gjennom myndighetenes involvering i workshops og besøk på teststedene.
- Prosjektet vil lage en søkbar database som vil kunne støtte myndighetene i deres beslutningsprosesser i forhold automatisert kjøring.
- Prosjektet vil også utarbeide et sett med anbefalinger og 'best practice' om hvordan et teststed kan etableres og hvilken informasjon, data og egenskaper som dagens tester kan bidra med i myndighetenes egne prosesser.

3.3.3.10 Public and private partnership platform for quick and effective implementation of digital transport infrastructure

Denne rapporten [58] analyserer behovet for digital infrastruktur for automatisert kjøring på det svenske vegnettet. Rapporten beskriver også et vegkart for å akselerere innføringen av digital infrastruktur. Rapporten har to hoveddeler: 1) beskrivelsen av fysisk og digital infrastruktur og 2) identifiserte fokusområder, vegkart og aksjonsplaner.

Den fysiske digitale transportinfrastrukturen er beskrevet som informasjonsteknologi (IT), kommunikasjon og data infrastruktur som sammen med reguleringer og standarder muliggjør interoperabel og digitalt samvirke mellom samvirkende kjøretøy, personer, infrastruktur og andre datakilder. Det er et system av systemer som krever både en 'bottom-up' og 'top-down' tilnærming med balanserte offentlige og private investeringer. Rapporten beskriver en infrastruktur for kommunikasjon, et økosystem for transportdata, applikasjoner og tjenester og organisasjonelle partnerskap.

Rapporten foreslår at det etableres en plattform basert på et langsiktig offentlig – privat samarbeid (OPS) som skal fremskynde innføringen av en fysisk digital transportinfrastruktur. Plattformen krever et stort engasjement fra alle interessenter mht. å adressere felles utfordringer og for å stimulere innovative policyer og verdinettverk.

Rapporten inneholder også en beskrivelse av 4 områder som vil være viktig mht. samarbeid:

- **Infrastruktur for kommunikasjon:** Designe og innføre kommunikasjonsinfrastruktur som har høy sikkerhet, tilgjengelighet, pålitelighet og kapasitet
- **Økosystem for transportdata:** Etablere et økosystem for transportdata, ontologier og semantikk med eksplisitt spesifisering av data eierskap og behov, sikkerhet og personvern
- **Applikasjoner og tjenester:** Dra fordel av de identifiserte og prioriterte applikasjonene og tjenestene med høy samfunnsnytte til å analysere behovene for støtte fra den digitale infrastrukturen
- **Partnerskap:** Etablere en plattform for et langsiktig og strategisk samarbeid mellom private og offentlige aktører og samle innsatsen mht. å fremskynde innføringen av den digitale infrastrukturen

Rapporten beskriver også 8 fokusområder mht. å etablere den digitale infrastrukturen:

- **Verdinettverk** – utvikle samarbeidende forretningsmodeller med alle interessenter for å fremskynde innføringen av den digitale infrastrukturen
- **Policyer og reguleringer** – innovasjon mht. nye policyer og reguleringer som støtter innføringen av digital infrastruktur
- **Applikasjoner og tjenester** - støtte identifiserte applikasjoner og tjenester i eksisterende vegkart
- **Evaluering** – evaluere teknologier og tjenester fra teknisk, organisasjonsmessig og samfunnsmessige perspektiver

- **Arkitektur** – integrere innsats fra andre områder og etablere en skalerbar, sikker og interoperabel arkitektur med åpne standarder for offentlig privat digital infrastruktur
- **Data** – etablere et økosystem for transportdata, ontologier og semantikk med eksplisitt spesifisering av data eierskap og behov, sikkerhet og personvern
- **Kontrollrom** – utforme og utvikle fremtidige systemer for styring av automatiserte kjøretøyer
- **Posisjonering** – Forske på posisjoneringsteknologi og etablere strategier for posisjonering og høyoppløselige digitale kart for sammenkoplet automatisert transport og mobilitet
- **Sammenkopling** (connectivity) – forbedre og innføre infrastruktur for kommunikasjon med høy sikkerhet, tilgjengelighet, pålitelighet og kapasitet
- **Plattform** - etablere en plattform for et langsiktig og strategisk samarbeid mellom private og offentlige aktører og samle innsatsen mht. å fremskynde innføringen av den digitale infrastrukturen

3.3.3.11 Reinforcing Traffic Safety by using CAM velocity Accuracy

Denne artikkelen [59] beskriver hvordan den kjøretøyhastigheten som sendes ut fra et kjøretøy i en CAM melding (Cooperative Awareness Message) kan kontrolleres av vegkantutstyr og hvordan eventuelle avvik mellom informasjon i CAM-melding og målt hastighet av vegkantutstyr kan meldes tilbake via en DENM melding (Decentralised Environmental Notification Message). I trafiksikkerhetsapplikasjoner som unngåelse av kollisjoner er informasjon om et kjøretøys hastighet kritisk informasjon for at samvirkende kjøretøyer skal kunne innrette seg etter kjøretøyer som er i umiddelbar nærhet mht. å unngå kollisjon. Dette gjelder spesielt mht. automatiserte kjøretøyer på nivå 3 – 5.

Løsningen med korreksjon av et kjøretøys utsendte informasjon om egen hastighet krever avansert teknologi eller algoritmer. Testing av denne applikasjonen er gjort i et virtuelt miljø under antagelse om at kjøretøy er i nærheten av vegkantutstyret. Løsningen ble testet til å kunne skaleres opp til å håndtere 108 kjt/km med en hastighet på 100 km/t på en 5 km lang strekning med 6 kjørefelt. Testene er tenkt videreført i virkelige C-ITS omgivelser, dvs. på en motorveg med nødvendig vegkantutstyr.

3.3.3.12 Road Infrastructure Challenges Faced by Automated Driving: A Review

Denne artikkelen [60] ser på begrensninger og fordeler i forhold til teknologi for automatisert kjøring med fokus på veginfrastruktur. Hovedfunnene som er beskrevet i denne artikkelen er samlet i fem grupper: 1) internasjonal harmonisering av trafikkskilt og oppmerking, 2) vedlikehold av veginfrastrukturen, 3) utforming av veginfrastrukturen, 4) digitalisering av veginfrastrukturen og 5) tverrfaglighet. I tillegg til en utredning om disse fem gruppene inneholder artikkelen en beskrivelse av state-of-the-art på sensorer som kamera, RADAR, LiDAR, sensor fusjon, digitale kart og kjøretøykommunikasjon. Artikkelen ser også spesielt på de to applikasjonene kamerabasert skiltgjenkjenning og kjørefeltstøtte (lane keeping). Denne rapporten fokuserer imidlertid på artikkelens hovedfunn som er de fem gruppene listet opp ovenfor.

1) Harmonisering av trafikkskilt og vegoppmerking

Til tross for at det finnes standarder for trafikkskilt, f.eks. Wienkonvensjonen, er det mange land som bruker egne regler og retningslinjer for skilt og oppmerking. Dette er en utfordring mht. interoperabilitet og automatisert kjøring siden det krever mye større innsats i innsamling av data og trening av algoritmer som skal gjenkjenne trafikkskilt og oppmerking.

Harmonisering skjer på det internasjonale nivået og det er derfor viktig at harmoniseringen er håndtert av internasjonale organisasjoner og enheter innenfor lovgivning. Det er imidlertid vegmyndigheter og kjøretøyprodusenter som er de viktigste aktørene mht. å definere krav og teknisk innhold.

Derfor, for å lykkes med å tilpasse harmoniseringen, bør samarbeidet mellom disse to interessentene være godt etablert. Harmonisering vil fjerne den store byrden på datainnsamling og

gjenkjenningsskilt. Det er grunnen til at kjøretøyprodusenter kan ha mest nytte av det, selv om dette til en viss grad også vil være til fordel for den menneskelige sjåføren på lang sikt. Å oppnå konsensus og endre skilt og merking tar tid og har en viss pris, spesielt for veimyndighetene. Imidlertid kan klare veiledninger og omfattende kostnad-nytte-analyser myke opp prosessen. På lang sikt vil merkostnader dessuten til en viss grad kunne kompenseres gjennom forenkling av fremtidige digitaliseringsprosesser og utveksling av felles kompetanse og prosesser[60].

Selv om parameterne for veginfrastruktur som form, farger, fonter for trafikkskilt eller farge og bredde for veimerking er godt gjenkjent blant alle mennesker, er teksten som ofte følger dem mer et spørsmål om kultur og språk, og er derfor mer vanskelig å harmonisere. Gjennom digitalisering og økningen i smarte skilt og markeringer er det imidlertid mulig å oversette teksten til et maskinlesbart format [60].

2) Vedlikehold av infrastruktur

En meget viktig oppgave for vegmyndigheter er å sikre tilstrekkelig synbarhet av trafikkskilt og oppmerking gjennom et godt vedlikehold. Etter hvert som flere C-ITS applikasjoner kommer fra kjøretøyprodusentene og automatiserte kjøretøyer på nivå 3 og høyere, blir vedlikehold av veginfrastruktur stadig viktigere. Noen viktige spørsmål blir derfor:

- Hva er minimumsterskelen og viktige parametere for god synlighet?
- Hvordan kan mulige mangler bli oppdaget i tide?
- Hvilken innflytelse vil digitalisering ha på vedlikehold?
- Vil vedlikeholdskostnadene øke?

Artikkelen har summert opp en del kvalitetskrav mht. vedlikehold som er samlet inn fra ulike lands undersøkelser. Artikkelen presiserer at disse kravene ikke allmenngyldige og nevner veger i fjellområder som eksemplet på dette:

Hver region, selv om den tilhører samme jurisdiksjon, kan ha visse egenskaper som gjør den til et unntak. Slike eksempler er veger i fjellområder som på grunn av tøffe vintre og hyppig brøyting opplever rask forringelse av vegmerking, noe som er spesielt viktig i diskusjoner om mer avansert teknologi, som for eksempel profilert merking som er gunstig under våte eller regnfulle forhold. Med digitalisering og videre fremskritt innen automatisert kjøring, vil sanntids vedlikehold, oppdateringer av digitale kart og varsling av hindringer fremover være av stor betydning. Informasjon om de lokale vegforholdene er av stor interesse for automatiserte kjørefunksjoner som må tilpasse sine strategier, slik som avstand til andre trafikanter og beslutninger om bremse- og styreinngrep i forhold til friksjonskoeffisienten mellom dekk og veg [60].

For å sikre tilfredsstillende kvalitet på C-ITS applikasjoner knyttet til avanserte førerstøttesystemer og automatisert kjøring, må vegmyndigheter være innstilt på å øke vedlikeholdet. Overvåking av kjørebane mht. gjenstander, dårlig oppmerking, dårlig lesbare skilt, hull i kjørebane og lignende må gjennomføres slik at slike ting kan oppdages og håndteres raskt, f.eks. gjennom DENM-meldinger til kjøretøyet. En kan vanskelig tenke seg at slik overvåking bare kan gjennomføres av vegmyndighetens egne kjøretøyer og dette åpner diskusjon om å samle inn data fra alle private og offentlige kjøretøyer (crowdsourcing).

Hvorvidt crowdsourcing helt vil avlaste vegmyndighetene for belastningen med å oppdatere databaser manuelt, og i hvilken grad samarbeid mellom vegmyndigheter, kartleverandører og kjøretøyprodusenter om dataoverføring fortsatt er en nødvendighet, er mer et tema for digitalisering enn vedlikehold. Crowdsourcing vil imidlertid absolutt redusere noen av utgiftene knyttet til overvåking, men generelt er det nødvendig med en omorganisering av driftsaktivitetene til konvensjonelle vegmyndigheter.

Artikkelen nevner at det er for tidlig å komme med konkrete krav i tilknytning til behovet for økt vedlikehold. Det som synes viktigere nå er å utvikle policyer for åpne data inkl. crowdsourcing og

utvetydige definisjoner på de mest signifikante faktorene i veginfrastruktur som påvirkere avanserte førerstøttetjenester og automatisert kjøring.

3) Utforming av veginfrastrukturen

Med utforming av veginfrastrukturen menes det i denne artikkelen utforming av trafikkskilt og oppmerking. Digitale kart er foreløpig et supplement til kjøretøysensorenes oppfattelse av skilt og oppmerking, men dette kan endre seg senere.

Avanserte førerstøtteapplikasjoner og automatiserte kjøretøyer har et problem med å tolke slitte trafikkskilt, flere skilt på samme stolpe, tekst (underskilt) og slitt oppmerking. Dette problemet kan delvis løses gjennom sensorfusjon og digitalisering. Problemet med flimrende variable trafikkskilt kan også løses gjennom retningslinjer for oppdateringsfrekvensen på skiltansiktet. I USA er bredden på oppmerking økt fra 100 mm til 150 mm. Andre tiltak som er nevnt i artikkelen er bruk av RFID, infrarøde strekkoder og andre smarte løsninger. Mere drastiske løsninger som å skifte ut stiplede linjer med heltrukne linjer ansees ikke som et realistisk tiltak, men situasjonen vil bedre seg med digitalisering av digital oppmerkingsinformasjon. En annen drastisk løsning er å dedikere egne felt for automatiserte kjøretøyer. Dette kan enten skje gjennom å ta ett av flere felt og reservere dette for automatiserte kjøretøy eller det kan skje gjennom å bygge nye felt. Den siste løsningen ansees som mindre aktuell pga. kostnader og plassbehov. Selv om automatiserte kjøretøyer fikk egne felt, er det fortsatt behov for endringer i utforming av skilt og oppmerking.

4) Digitalisering av veginfrastrukturen

Digitalisering av infrastrukturen er iht. artikkelen representert ved V2I (vehicle to infrastructure) og V2N (vehicle to network) kommunikasjon og digitale kart. Her vil vi gjerne supplere med en digitalisering av veginfrastrukturen også er representert ved elektroniske trafikregler og trafikreguleringer. Dette temaet (Management of Electronic Traffic Regulations (METR)) er nå under internasjonal standardisering ledet av WG19 Integrated mobility i ISO TC204 ITS. Dette er både statisk og dynamisk informasjon som lagres i kjøretøyet og/eller lastes ned til kjøretøyet. Automatiserte kjøretøyer trenger selvfølgelig informasjon om veggeometri, skilter og oppmerking, men i tillegg må systemet for automatisert kjøring vite hvordan trafikreglene skal overholdes, dvs. de reglene som menneskelige førere lærer, trener på og praktiserer. Et eksempel her er Vegtrafikklovens §3 som sier at: *Enhver skal ferdes hensynsfullt og være aktpågivende og varsom så det ikke kan oppstå fare eller voldes skade og slik at annen trafikk ikke unødig blir hindret eller forstyrret. Vegfarende skal også vise hensyn mot dem som bor eller oppholder seg ved veien.*

Det er viktig at den dynamiske delen av den digitaliserte infrastrukturen overføres i sanntid og store datamengder kan overføres uten forsinkelse. Her nevner artikkelen 5G kommunikasjon som kan håndtere en datarate på opp til 2,2 Gbit/sekund og en forsinkelse på 10 millisekunder. Dette er kommunikasjonskrav som først og fremst gjelder sikkerhetsapplikasjoner som f.eks. kollisjonsungåelse. Overbelastning kan forekomme og derfor er det viktig å definere kravene for de ulike typer C-ITS applikasjoner og eventuelt prioritere mellom de ulike applikasjonene. Det er investert meget store ressurser innenfor internasjonal standardisering og her må det europeiske standardiseringsorganet ETSI (European Telecommunication Standards Institute) spesielt nevnes.

Med digitalisering og økende andel automatiserte kjøretøyer øker også risikoen for cyberangrep som er en stor trussel mot trafikksikkerhet i transportsystemer hvor automatisering utgjør en viktig og stor del av driften av transportsystemet. Det er gjort forsøk med 'datainnbrudd' i kjøretøy som viser at det kan være mulig å overta styringen av et kjøretøy.

Digitalisering i transportsystemer åpner også opp for nye verdinettverk for innsamling og håndtering av trafikk- og kjøretøyrelaterte data. Det åpner også opp for noen utfordringer mht. eierskap og distribusjon av data. Offentlige transportmyndigheter samler inn veldig mye data om de transportsystemene de er

ansvarlig for og er gjerne forpliktet til levere disse dataene til de som etterspør de siden de er bundet av Åpne data policyer. Produsenter av kjøretøyer samler også inn veldig mye data både om trafikkstrømmer og infrastruktur, men er som private aktører ikke bundet av de samme policyene for åpne data. Det vil derfor være viktig både med lovgivning og offentlig privat samarbeid som sikrer at det offentlige får tilgang på data som kan være meget viktig for driften av transportsystemer.

Digitalisering betyr også at de viktige spørsmålene knyttet dataeierskap og ansvar for konfidensialitet, integritet, tilgjengelighet og kvalitet må løses gjennom lovgivning og samarbeidsmodeller.

5) Tverrfaglighet

Fremtidig mobilitet krever stor tverrfaglighet for å kunne håndtere systemkompleksitet og ny teknologi samtidig som mennesket som bruker ivaretas. Hvis man bare ser på automatiserte kjøretøyer kreves det kompetanse innenfor mekaniske, elektriske og IT-relaterte ingeniørfag. Hvis man ser på driften av transportsystemet og brukerne av transportsystemet vil det være nødvendig å ha kompetanse i trafikkteknikk, trafiksikkerhet, psykologi og til en viss grad bioteknologi. Utfordringen for vegmyndigheter mht. fremtidig mobilitet vil derfor være hvilken tverrfaglig kompetanse som vegmyndighetene vil måtte ha for å kunne både stille krav til, utvikle og drifte fremtidige konsepter for mobilitet. En måte å løse dette på kan være et utvidet og nært samarbeid med kjøretøyprodusenter, eiere og operatører av nettverk for telekommunikasjon og andre, f.eks. kartmyndigheter.

3.3.3.13 – Road Operators' Challenges in the Introduction of Automated Driving

Denne artikkelen [61] beskriver de viktigste utfordringene en vegholder kan få ved innføring av automatisert kjøring som vil endre hvordan kjøretøyer føres frem i trafikken og hvordan hele trafikksystemet styres. Det vil også endre hvordan trafiksikkerheten styres. En av de største utfordringene for en vegholder er knyttet til kommunikasjonen med førerne. Menneskelig oppfattelse av skilter, oppmerking og hendelser vil endres til den oppfattelsen en maskin har til de samme faktorene. Dette krever en digitalisering av infrastrukturen som går fra digitale kart til infrastruktur for trafikkstyring.

Artikkelen lister opp de utfordringene som en vegholder vil kunne stå ovenfor ved innføring av automatisert kjøring:

1. *Hva er effekten på trafikkflyten? Er det behov for nye trafikkstyringsstrategier, f.eks. å håndtere blandet trafikk med en økende andel automatiserte kjøretøy?*
2. *Hva er effekten på trafiksikkerhet? Er det nødvendig med ytterligere sikkerhetstiltak, f.eks. å iverksette tiltak umiddelbart når nye typer uønskede hendelser oppstår?*
3. *Hva er virkningene for konvensjonell veginfrastruktur? Dette inkluderer broer, tunneler, bompenger, håndheving etc.*
4. *Hva er virkningene av den digitale infrastrukturen? Er det behov for nye digitale infrastrukturelementer, f.eks. å koble kjøretøy med trafikkstyringsprosesser.*
5. *Hva er innvirkningen på gjeldende regulering? Er det behov for tilpasninger av juridiske rammer (trafikkforskrifter, kjøretøyforskrifter)?*

Fra vegholders synspunkt er det en viss usikkerhet mht. hvordan førerstyrte og maskinstyrte kjøretøyer vil fungere sammen og hvordan slik blandet trafikk kan styres. Imidlertid forventes det at omfanget på automatisering vil øke sammen med en modning av teknologien. Så snart automatisert kjøring kommer opp på et relativt høyt nivå, forventes det positive effekter mht. bedre trafikkavvikling (bedre utnyttelse av kapasitet) og bedre trafiksikkerhet. Vegholdere vil derfor måtte være forberedt på utfordringer i starten og positive effekter etter hvert som nivået på automatisering øker. Det er uansett viktig å følge godt med på veger hvor kjøretøyene har ulike nivåer på den automatiserte kjøringen slik at en hele tiden har kontroll på trafikkavvikling og trafiksikkerhet.

Digitalisering av infrastrukturen kan bidra til å øke nivået på den automatiserte kjøringen. I godt vær kan et automatisert kjøretøy kjøre på et høyt automatiseringsnivå ved hjelp av kjøretøyets egne sensorer som leser og tolker trafikkskilt og oppmerking. Dersom det automatiserte kjøretøyet kjører i dårlig vær med dårlig sikt og skal passere et vegarbeidsområde med fysiske sperringer, arbeidsvarslingsskilt og uventede feltskifter med gammel og midlertidig feltoppmerking, vil det automatiserte kjøretøyet trolig be føreren om å overta styringen av kjøretøyet. Den digitale infrastrukturen kan levere detaljerte geometriske data om vegarbeidsområdet, levere midlertidige fartsgrenser og støtte til midlertidige feltskifter gjennom infrastruktur til kjøretøy-kommunikasjon. På denne måten kan den digitale infrastrukturen bistå med at kjøretøyet kan holde samme nivå på automatisert kjøring gjennom et vegarbeidsområde som på en åpen vegstrekning uten hindringer.

Artikkelen deler inn oppbyggingen av den digitale infrastrukturen for automatisert kjøring i tre områder:

1. Digitalisering av trafikkinformasjon

Digitalisering tar sikte på å gjøre konvensjonelt innhold tilgjengelig i standardisert digital form som kan behandles av automatiserte kjøretøy, f.eks. informasjon på variable skilt, varsler om hendelser, f.eks. trafikkork eller digitale høyoppløselige kart. Digitalisering er ledsaget av etablering av oppkobling til automatiserte kjøretøy. Digital informasjon kan gis via kjøretøy-til-infrastruktur (V2I) kommunikasjon direkte til kjøretøy, eller via nettgrensesnitt til backend-systemer til kjøretøyprodusenter, karttjenesteleverandører osv.

2. Mikroskopisk trafikkdata (sanntidsdata om enkeltkjøretøy)

Nye trafikkstyringskonsepter kan utnyttes fullt ut når sanntidsdata om enkeltkjøretøy er tilgjengelig. Disse mikroskopiske trafikkdataene kan oppnås gjennom sensor-kjøretøy-data (kommunisert via V2I) eller gjennom avanserte trafikkensensorer som er i stand til å oppdage kjøretøy i større områder (f.eks. videodeteksjon, trafikkradarer ved veikanten) i stedet for på tverrsnitt i vegen, f.eks. induktive sløyfer i et veggverrsnitt. Bruk av data om enkeltkjøretøy kan innebære oppgraderinger i trafikkstyringsprosesser for å kunne evaluere disse dataene. Sensordata fra infrastruktur kan også gjøres lokalt tilgjengelig for automatiserte kjøretøy uten sentral behandling gjennom kjøretøy-til-kjøretøykommunikasjon (V2V). Det må likevel undersøkes, hvilken informasjon fra faste sensorer som er et verdifullt hjelpemiddel ved automatisert kjøring, siden sikkerhets- og ansvarsproblemer må løses.

3. Veiledning av automatiserte kjøretøy

Når tilkoblingsmuligheter og avanserte trafikkstyringsmuligheter er på plass, kan automatiserte kjøretøy veiledes der det er nødvendig. Veiledning skal ikke forveksles med fjernkontroll, og snarere forstås som å gi hastighet, gap og kjørefelttilordninger til kjøretøy, på en måte som ligner flykontroll. Resultatet er en infrastruktur som tillater en tett integrering av automatiserte kjøretøy i trafikkstyringen. Det skal presiseres at graden av kontroll gjennom trafikkavviklingen kan variere i hele vegenettet. I likhet med lufttrafikk-kontroll blir kjøretøy tett veiledet i spesielle trafikkforhold og komplekse områder (større motorveikryss, veiarbeid, ulykkesutsatte områder), og kjører mer eller mindre automatisert på høyt nivå på vegsegmenter der hendelser er sjeldne.

Mht. kommunikasjon mellom vegholders trafikkstyringsentraler (VTS) og kjøretøyene beskriver artikkelen to alternativer: 1) standardisert V2X (ITS-G5) via vegkantutstyr eller 2) via kjøretøyprodusentens baksystem eller skytjenester og kommunikasjon mellom baksystem/skytjeneste og kjøretøy over 4G/5G nettverk. Det første alternativet er standardisert gjennom ETSI, CEN og ISO standarder, mens det andre alternativet er avhengig av proprietære grensesnitt mellom kjøretøyprodusent og kjøretøy.

Autentisering av meldinger mellom VTS og kjøretøy er viktigere enn kryptering av meldingene og må ikke brukes til sporing av kjøretøy. Europeiske C-ITS standarder (ITS-G5) leverer autentisering gjennom digitale sertifikater og personvern gjennom skifte av pseudonymer.

3.3.4 Relevant informasjon fra næringen

På nettsiden til AI Magazine [62] er det gitt en oversikt over de 10 fremste leverandørene av teknologi til automatiserte kjøretøyer per 2022. Beskrivelsen av disse leverandørene i AI Magazine er gjengitt nedenfor.

Microsoft

Teknologigiganten Microsoft inntar topplasseringen takket være samarbeidet med Volkswagen Group som holder på med å utvikle en spesifikk skybasert plattform for fremtidige systemer for automatisert kjøring.

Sammen planlegger selskapene å utvikle en automatisert kjøreplattform og vi vil se dem samarbeide om å utvikle et skybasert system for automatiserte kjøretøyer og avanserte førerassistentsystemer (ADAS), som alle vil bruke Microsoft Azure for computertjenester, AI, og lagring. Se www.microsoft.com for mer informasjon.

Alfabet

Alphabet, som er Googles morselskap kjent for sine internettjenester, har også utvidet seg til å omfatte automatiserte kjøretøy med et av sine selskaper, Waymo.

Waymo er kalt "verdens mest erfarne sjåfør" av Alphabet og tilbyr en kommersiell bestillingstjeneste for persontransport, Waymo One, og gods- og godstransporttjenester med Waymo Via.

Waymos biler har lidar-sensorer, som muliggjør automatisert kjøring og gjenkjenning av hindringer ved hjelp av 360-graders synsteknologi. Se www.waymo.com for mer informasjon.

Baidu

Det kinesiske teknologiselskapet Baidu leder kappløpet i Kina for å utvikle automatiserte taxier. Selskapet er ute etter å distribuere biler uten mennesker bak rattet på kinesiske veier for første gang, og den første produksjonsmodellen, drevet av Nvidia-brikker, vil ha et høyt nivå av automatisering og leveranser vil starte i 2023.

Selskapets futuristisk utseende, stort sett automatiserte kombi, Robo-1, har sensorer, inkludert en lidar, for å kartlegge veien videre i 3D, som dukker opp fra panseret når den aktiveres. Se www.baidu.com for mer informasjon.

General Motors Company

Det er forventet at General Motors Companys majoritetseide datterselskap Cruise vil begynne å produsere selskapets første automatiserte kjøretøy i løpet av de kommende årene. Bare i fjor kunngjorde selskapet at det vil investere 3 millioner USD i Momenta for å akselerere utviklingen av neste generasjons teknologier for fremtidige automatiserte GM-kjøretøyer i Kina.

GM gjør også betydelige investeringer for å lede overgangen til en mer bærekraftig fremtid, ledet av sin visjon om en verden med null kollisjoner, null utslipp og null overbelastning. Se www.gm.com for mer informasjon.

NVIDIA

Selv om hovedvirksomheten er å designe grafikkbehandlingsenheter for spill- og profesjonelle markeder, lager NVIDIA også ende-til-ende transportløsninger. Selskapets Drive Orin system-på-en-brikke fungerer som kjernedatamaskinen for intelligente kjøretøy og er i hjertet av NVIDIAs Drive Hyperion-plattform.

Denne maskinvaren for automatiserte kjøretøyer brukes av en rekke selskaper, inkludert *Lucid Group* og *BYD*, og de to sier at AI-egenskapene vil gjøre dem i stand til å forbedre kapasiteten til sine batterielektriske kjøretøy. Se www.nvidia.com/en-us/ for mer informasjon.

Tesla

Elbilselskapet Tesla designer og produserer elektriske kjøretøy, i tillegg til hjemme- og gridbasert lagring av energi på batterier og relatert utstyr. I tillegg til dette har selskapet utviklet en programvareplattform for automatisert kjøring som er en dyplæringsdrevet forbedring av Teslas grunnleggende avanserte førerassistentsystem (ADAS).

Autopilot-funksjonen er designet for å hjelpe sjåførere med de mest belastende delene av kjøringen. Autopilot introduserer nye funksjoner og forbedrer eksisterende funksjonalitet for å gjøre Teslaer tryggere og mer kapable over tid.

Ford

I 2020 sa Ford at det selvkjørende kommersielle selskapet skulle debutere i 2022 med kjøretøy basert på Ford Escape Hybrid crossover. Det selvkjørende kjøretøyet ble utviklet i samarbeid med en oppstart av autonome kjøretøy, Argo AI.

Ford har testet selvkjørende teknologi i store byer over hele USA med Argo AI. Selskapet planlegger også å investere rundt USD 7 milliarder i automatiserte kjøretøy i løpet av de neste ti årene, med USD 5 milliarder fra 2021 og fremover. Se www.ford.co.uk for mer informasjon.

Aptiv PLC

Irsk-baserte Aptiv og *Hyundai Motor Company* produserer automatiserte kjøretøy og teknologi gjennom sitt joint venture, Motion. Motion avduket sin første robotaxi, den helelektriske IONIQ 5, i 2021 og planlegger at kjøretøyet skal være tilgjengelig gjennom Lyft-appen i eller før 2023. Se www.aptiv.com for mer informasjon.

Luminar-teknologier

Luminar Technologies ble grunnlagt i 2012 og utviklet bilsensorer og programvare for automatiserte kjøretøyer. Selskapet har inngått samarbeid med *Daimler Trucks*, *SAIC* og *Volvo*. Volvo ble den første store bilprodusenten som installerte Luminar Technologies' lidar-system som standardutstyr i sin elektrifiserte flaggskip-SUV i 2020, noe som gjorde det til den første store bilprodusenten som gjorde det.

Selskapets visjon er å gjøre automatisert transport trygg og allestedsnærværende ved å muliggjøre de første virkelige implementeringene av automatiserte og neste generasjons sikkerhetsfunksjoner i stor skala. Se www.luminartech.com for mer informasjon.

Pony.ai

Pony.ai tilbyr AI-baserte løsninger for å forbedre opplevelsen av automatiserte kjøretøy, og har til hensikt å revolusjonere transportsektoren ved å utvikle automatiserte kjøretøyer på nivå 5. Pony.ai sin teknologi gjør det mulig for kjøretøyene å være intelligente, slik at de enkelt kan håndtere komplekse bykjøringer, inkludert andre kjøretøy, syklistene og fotgjengere. Pony var med å lansere den første Robotaxi i 2018. Se www.pony.ai for mer informasjon.

3.3.5 EU-prosjekter

Den fullstendige listen over FoU-prosjekter lansert innenfor Connected, Cooperative and Automated Mobility (2021-2027 Horizon Europe) er vist i

Tabell 2, se [40]. Som det kommer frem av listen, er IA-prosjektet MODI blant disse.

Det finnes to typer prosjekter:

- Forsknings- og innovasjonsprosjekter (RIA Research and Innovation Action) som etablerer ny kunnskap eller utforsker en ny eller forbedret teknologi, produkt, prosess, tjeneste eller løsning. EU-finansieringen dekker inntil 100 % av prosjektkostnadene.
- Innovasjonsprosjekter (IA Innovation Action) som produserer planer eller design for nye eller forbedrede produkter, prosesser eller tjenester, inkludert prototyping, testing, demonstrasjon, pilotering, produktvalidering i stor skala og reproduksjon. EU-finansieringen dekker inntil 70 % av prosjektkostnadene.

Tabell 2: Liste over FoU prosjekter innenfor CCAM

| Prosjektnavn | Prosjekt-type | Gruppe | Sluttdato |
|----------------|---------------|---|------------|
| AI4CCAM | RIA | Key enabling technologies | 31/12/2025 |
| Althena | RIA | Key enabling technologies | 31/10/2025 |
| AUGMENTED CCAM | IA | Integrating vehicle in the transport system | 31/12/2025 |
| AWARE2ALL | RIA | Vehicle technologies | 31/10/2025 |
| CONDUCTOR | IA | Integrating vehicle in the transport system | 31/10/2025 |
| CONNECT | RIA | Key enabling technologies | 31/08/2025 |
| EVENTS | IA | Vehicle technologies | 31/08/2025 |
| FAME | RIA | Coordination | 30/06/2025 |
| i4Driving | RIA | Validation | 30/09/2025 |
| IN2CCAM | IA | Integrating vehicle in the transport system | 31/10/2025 |
| MODI | IA | Large-scale demonstrations | 31/03/2026 |
| Move2CCAM | RIA | Societal aspects and user needs | 28/02/2025 |
| PoDIUM | IA | Integrating vehicle in the transport system | 30/09/2025 |
| Roadview | IA | Vehicle technologies | 31/08/2026 |
| SELFY | RIA | Key enabling technologies | 31/05/2025 |
| SINFONICA | RIA | Societal aspects and user needs | 31/08/2025 |
| Sunrise | RIA | Validation | 31/08/2025 |
| ULTIMO | IA | Large-scale demonstrations | 30/09/2026 |

3.3.6 CEDR prosjekter

3.3.6.1 DIREC – Digital Road for Evolving Connected and Automated Driving

Dette prosjektet [63] skal utvikle et rammeverk for hvordan vegmyndigheter kan legge til rette for at veginfrastrukturen er klar for automatisert kjøring. Dette er basert på en erkjennelse av at infrastruktur og tjenester for å støtte oppkoplet automatisert kjøring (CAD – Connected Automated Driving) har muligheter til å forbedre sikkerheten ytterligere, og til å føre med seg andre fordeler som økt kapasitet eller redusert overbelastning. Infrastrukturkravene fra bilprodusentene er imidlertid ikke alltid like entydige, og det er vanskelig for nasjonale vegmyndigheter å forutsi og planlegge for fremtidige former av støtte som kreves for CAD, gitt den raske utviklingen av teknologi for automatisert kjøring og usikre anslag på fremtidig etterspørsel på automatisert kjøring. Det er derfor et behov for en bedre dialog mellom nasjonale vegmyndigheter, bilprodusenter og andre relevante tjenesteleverandører for å presisere disse kravene og legge en plan for å utvikle trygge og effektive veger gjennom automatisert kjøring.

Det rammeverket som DiREC-prosjektet utvikler vil være en plattform for dialogen mellom de aktørene nevnt ovenfor. Rammeverket vil være basert på en servicenivå-basert tilnærming for å definere behovene til CAD og definere infrastrukturen og tjenestene som nasjonale vegmyndigheter kan tilby for å støtte de automatiserte kjøretøyene. Denne infrastrukturen kan være en blanding av fysisk og digital infrastruktur og operasjonelle retningslinjer og prosedyrer. Målet med DiREC vil være å etablere et rammeverk som inneholder et bredt spekter av komponenter som påvirker CAD og mulighetene for veginfrastruktur for å støtte den. Dette inkluderer maskinlesbarhet av fysisk infrastruktur, digitale tjenester, oppkobling, i tillegg til aspekter som styring av infrastruktur og tjenester, og juridiske og forskriftsmessige krav. Sammen påvirker disse komponentene vegmyndighetenes evner og muligheter til å bli en digital veioperatør.

Prosjektet vil også utvikle indikatorer for å måle i hvilken grad et vegnett støtter CAD. Det vil bli foreslått indikatorer for å måle maskinlesbarheten til infrastruktur, omfang og kvalitet av digital infrastruktur, og hvilke typer tjenester som er tilgjengelige. Rammeverket vil også inkludere verktøy og metoder for å gjennomføre kost-nytte-analyser for å hjelpe til med å planlegge og utvikle ulike typer og nivåer av tjenester for å støtte CAD.

På DiREC-prosjektets hjemmeside (<https://direcproject.com/Resources/projectreports>) er det per 01-2023 ingen publikasjoner fra prosjektet.

3.3.6.2 TM4CAD – Traffic Management for Connected and Automated Driving

Dette prosjektet [64] ser på rollen til rollen til infrastruktur for å skape litt mer bevissthet mht. ODD- (Operational Design Domain) for automatisert kjøring. Dette vil skje på tvers av ulike nivåer for infrastrukturstøtte for automatisert kjøring, dvs. ulike ISAD-nivåer.

Prosjektet vil som et utgangspunkt foreslå ulike systemarkitekturer for distribuert ODD-attributt informasjon og definere ulike prinsipper for innsamling av informasjonen basert på utveksling mellom arkitekturelementene. Dette vil gjøre det mulig for systemer for automatisert kjøring å være oppmerksomme på deres ODD i sanntid.

I tillegg vil prosjektet demonstrere de grunnleggende mekanismene for ODD-administrasjon via to bruksområder (use cases) i en virkelige verden, som bygger på premisset om samhandling mellom trafikkstyringssystemer og CAD-kjøretøyer. Dette vil gi vegmyndighetene innsikt i metoder for å informere CAD-systemer om hva slags støtte de kan gi for CAD-operasjoner på europeiske veier.

For å få en fullstendig forståelse av trafikkstyring for CAD, vil TM4CAD-prosjektet:

- Identifisere hele spekteret av ODD-attributter for vurdering, basert på erfaring fra arbeid med ODD-spørsmål i standardiseringsaktiviteter og i andre relaterte forskningsprosjekter

- Integrere de svært forskjellige perspektivene til utviklerne av CAD-kjøretøysystem og veimyndighetene og operatørene for å fokusere på skjæringspunktene mellom de
- Introdusere konseptet ODD-attributtbevissthet og infrastrukturens rolle i den
- Utvikle anbefalinger basert på å forstå de tekniske begrensningene på ODD-relevant informasjon som kan oppfattes og utveksles i sanntid av vegmyndighetene og sensorsystemene på CAD-utstyrte kjøretøyer
- Gi innsikt i hvordan vegmyndighetene kan støtte CAD-drift og ODD-administrasjon, og hvordan ISAD bør foredles for trafikkstyringsbruk
- Utarbeide detaljer for hvordan trafikkstyringssystemer og CAD-kjøretøy best kan samhandle for å forbedre trafikkdriften

3.3.7 Tidsplan for automatisert kjøring

Ulike kilder har ulike betraktninger mht. hvor raskt innføringen av automatisk kjøring på de høyeste nivåene vil foregå. Her er det mange momenter som kan dra i ulike retninger. Brukernes aksept er meget viktig og selv om kjøretøyprodusenter pusher utviklingen av kjøring på nivå 3 og høyere, har ikke brukerne vist den samme etterspørselen så langt [68]. Det juridiske rammeverket som må til for at føreroppgavene skal kunne utføres av en maskin, og ikke en menneskelig fører, er også et langt lerret å bleke, ikke minst mht. ansvarsfordelingen mellom produsent, forhandler, sertifiseringsorgan og vegmyndigheter. Ved en uønsket hendelse kan det bli spørsmål om: var kjøretøyets sensorer og kjøretøykontroll iht. kravene, hadde forhandleren informert kunden godt nok om begrensninger ved bruken, var sertifiseringsprosedyrene gode og fulgt og var den fysiske og digitale veginfrastrukturen (inkl. kommunikasjon) så god og tilgjengelig som den skulle være iht. ISAD-kategoriseringen? Disse og andre spørsmål vil styre utviklingen. I tillegg kan det skje uventede ting innenfor teknologiutviklingen som setter hele prosessen i et nytt lys.

Det foreligger relativt mange ekspertuttalelser om når man eventuelt kan ha innført automatisert kjøring på høyeste automatiseringsnivå (Nivå 5). Disse uttalelsene varierer fra 10-15 år til aldri. Noen eksperter mener også at man bør unngå nivå 3 av sikkerhetsmessige årsaker. Organisasjonen CEDR (Conference of European Directors of Roads) sier i sin strategi for 2018-2028 [41] at i løpet av de neste ti årene, vil kjøring på nivå 3 og 4 vil være tilgjengelig på motorveger i tillegg til puljekjøring med tunge kjøretøyer. Hvis vi ser på status i dag i forhold til 5 år tilbake i tid da vi fikk loven om utprøving av automatisert kjøring i Norge, er det etter vår oppfatning meget lite sannsynlig at man vil ha automatisert kjøring på norske motorveger i 2028. Tilbake til brukeraksept: vil norske trafikanter om 5 år etterspørre å sitte i et automatisert kjøretøy på norske motorveger i en hastighet på 110 km/t? Kanskje kan 10-15 år fra i dag være et mer realistisk tidsperspektiv for slik etterspørsel. Teknologisk vil det nok være mulig, men vil brukerne etterspør denne muligheten? Vil de føle seg trygge i en slik hastighet sammen med en fortsatt stor andel av kjøretøyer hvor føreroppgavene utføres av mennesker? Kanskje er det mer realistisk å se for seg automatiserte kjøretøyer for transport av personer og gods i byer og tettbygde strøk hvor kjøretøyene har en maksimumshastighet på 40-50 km/t innenfor en tilsvarende tidsperiode.

4 Tematiske områder som bør prioriteres

4.1 Trafikantinformasjon

I de dokumentene og artiklene som er gjennomgått er det følgende tema som peker seg ut mht. vegmyndigheters rolle og ansvar når det gjelder trafikantinformasjon:

- Informasjon ved ulykker, kriser og alvorlige hendelser
- Datadeling, -innhenting og -forvaltning
- Sanntidsdisplay i kjøretøyet
- Ruteveiledning til ledig el-billader/parkeringsplass

Selv om multimodal ruteplanlegging ikke skulle være et fokus i denne rapporten, må det nevnes at mer bruk av multimodal transport synes å være et viktig utviklingstrekk som en del av løsninger for mer bærekraftig mobilitet, og har vært et viktig tema innen temaet trafikantinformasjon. Dette innebærer for eksempel å tilrettelegge for *Mobility as a Service (MaaS)*, slik at man kan samle ruteplanlegging med alternativer fra ulike transportmidler, kostnader og klimautslipp for alternativene og eventuelt billett kjøp i samme plattform. Herunder vil datadeling derfor være et viktig fokusområde.

4.1.1 Informasjon ved ulykker, kriser og alvorlige hendelser

Et utviklingspunkt er å jobbe for *raskere* varsling av trafikanter, ved å effektivt kunne sende varslinger direkte til kjøretøy eller infoskjermer på kollektivtransport og -knutepunkt i stedet for å gå vegen om app/vegkart osv. Varsling av forventede vegstengninger eller forventet fare ved f.eks. dårlig vær eller stor sannsynlighet for skred vil også være aktuelt å utforske.

Tilgang til data som er innsamlet via sensorer på tilkoblede og automatiserte kjøretøy vil kunne øke kvaliteten på ulykkesdata, siden data om tidspunkt og lokasjon vil bli mer presist registrert, slik at helautomatisk ulykkesvarsling og omruting vil bli mulig. Dette vil også muliggjøre monitorering og kvalitetskontroll av ulykkesbehandling og sikre rettidig og konsistent rapportering når vegen er ryddet.

For å få tilgang til denne typen data, trengs det avtaler mellom vegmyndigheter og -operatører, utstyringsprodusenter og brukere av kjøretøy som omhandler hvilke data som kan samles inn (typer av ulykker, hendelser, skader på vegen osv.), bruk av data og personvern. Det trengs forskning for å utvikle deteksjon av ulike typer ulykker og hendelser, kombinasjon av manuelle og automatiske observasjoner og spesifisering av C-ITS meldinger for dette formålet.

Digitalisering av trafikkflyt, trafikkstyring og plan for ulykkesbehandling er en forutsetning for kooperativ trafikkstyring som muliggjør koordinert håndtering for å sikre best mulig trafikkavvikling også ved ulykker. For å oppnå dette må de ulike interessentene utveksle digitale beskrivelser av innholdet i planene for ulykkesbehandling. EUs "EIP Reference handbook for core European ITS" tilbyr veiledning for utarbeidelse og utveksling av slike planer ved bruk av DATEX II (www.datex2.eu).

Vegmyndighetene anbefales derfor å ha fokus på rask varsling og omruting ved ulykker eller alvorlige hendelser. For å sikre rask tilgang til data fra automatiserte kjøretøy, bør det lages avtaler mellom myndigheter, utstyringsprodusenter og førere av kjøretøy som beskriver hvilke data som skal samles inn, bruk av data og personvern. Det trengs fortsatt forskning på detektering av ulike typer ulykker og hendelser for automatiserte kjøretøy, og man bør også se på hvordan man best mulig skal kombinere manuelle og automatiske observasjoner framover.

4.1.2 Datadeling, - innhenting og -forvaltning

Cybersikkerhet for å beskytte data som produseres i automatiserte kjøretøy er blitt en fremtredende problemstilling i og med at sensorer og automatiserte komponenter produserer data om kjøretøyet, dets lokasjon på gitte tidspunkt og føreratferd. Systemene som gjør at kjøretøy kan kommunisere vil også utgjøre en risiko for urettmessig tilgang til kjøretøysystemer og data fra disse. Det å beskytte automatiserte kjøretøy fra hackere vil derfor være et satsingsområde for både myndigheter, utstyrsprodusenter, vegoperatører, servicetilbydere og brukere av kjøretøyet. Myndigheter må designe prosesser og verktøy for cybersikkerhet knyttet til automatiserte og tilkoblede kjøretøy som støttes av både fysisk og digital infrastruktur. Dette kan inkludere å etablere god praksis for cybersikkerhet, forbedre informasjonsdeling med aktører i bransjen og å samarbeide med forskere på sikkerhet eller tredjeparter som kan tydeliggjøre ansvar dersom det oppstår sikkerhetsproblemer, og bidra til å oppnå konsensus om tekniske standarder for god praksis innen cybersikkerhet. Cybersikkerhet bør også ivaretas ved testing og pilotering.

Data fra automatiserte kjøretøy må være av høy kvalitet for å sørge for god trafiksikkerhet. Dette krever effektiv kvalitetssikring i tillegg til effektive prosedyrer for kvalitetsvurdering. Forbedret datakvalitet kan igjen forbedre kvaliteten og effektene av andre tjenester fra vegoperatørene, som både automatisert og manuell transport kan dra nytte av.

For at automatiserte kjøretøy skal kunne kommunisere, må det utvikles standard protokoller for kommunikasjon. Protokollene må ta hensyn til ulike typer meldinger; fra kollisjonsvarsler til oppgradering av HD-kart og fjernstyring av kjøretøyet – C-ITS-meldinger som ennå ikke er utviklet. Kort-, mellom- og langdistanse hybrid C-ITS-kommunikasjon er avgjørende for tilkoblet og automatisert kjøring. Det bør ifølge MANTRA-prosjektet derfor være en prioritet å dekke de store vegforbindelsene (TEN-T-vegnettet og dets byforbindelser) med slike tjenester innen 2030.

Vegmyndigheter må hele tiden ta hensyn til at data fra automatiserte kjøretøy kan komme på avveie, og at tilkoblede kjøretøy er utsatt for hacking. Det må derfor designes prosesser og verktøy for cybersikkerhet, som å etablere god praksis og å utarbeide gode avtaler og standarder for informasjonsdeling. Effektiv kvalitetssikring er også nødvendig for å sørge for høy nok datakvalitet. C-ITS-kommunikasjon bør være mulig på de store vegforbindelsene innen 2030.

4.1.3 Sanntidsdisplay i kjøretøyet

Effektiv og oversiktlig formidling av informasjon til trafikanter og reisende vil fortsatt være et satsingsområde for Statens vegvesen. Stadig nye teknologiske løsninger for informasjon kan utnyttes i større grad, for eksempel informasjonsskjermer i kjøretøyene. Det vil da være viktig å ta hensyn til konsekvensene dette vil ha for sikkerhet, særlig når det gjelder informasjonsskjermer i bil. Om bord på kollektivreisemidler vil passasjerene kunne ha behov for informasjon ved ulykker eller andre hendelser som kan påvirke ruten til eller vegnettet rundt sin destinasjon, så her er det også potensiale for utvikling.

Det er også utviklet systemer som kan oppdage førertilstand, som trøtthet eller aggressivitet. Dette kan selvfølgelig brukes til å varsle sjåføren og oppfordre til tiltak som igjen kan medføre at man unngår ulykker. Ved å bruke data om førertilstand, kan man også finne hvilke vegstrekninger som krever tiltak for å unngå ulykker.

Vegmyndighetene må framover følge med på forskning på sikkerhet rundt informasjonsskjermer i bil, og jobbe for å fjerne unødvendig distraksjon av føreren av kjøretøyet. Dette kan for eksempel innebære å finne riktig sammensetning av fysiske knapper/brytere og knapper på skjerm, vurdere om informasjon kan/bør projiseres innenfor sjåførens synsfelt og vurdere i hvilken utstrekning førerens kommandoer til kjøretøyet kan gjennomføres ved av talekommandoer.

4.1.4 Ruteveiledning til ledig el-billader/parkeringsplass.

Artiklene viser at det jobbes med å finne bedre metoder for å gi sjåførere informasjon om ledige el-billadeplaser og parkeringsplasser. Man regner med at man vil redusere trafikk når bilførere slipper å bruke tid og kilometer på å lete etter en ledig plass for å parkere eller lade. Studier har vist at det vil lønne seg om sjåførere tilbys informasjon om antall parkeringsplasser, og at selv statisk informasjon vil gi stor effekt. Det er foreløpig et behov for å utvikle bedre metodikk og sensorikk som kan gi sanntidsinformasjon innen dette temaet. Det er gjennomført forsøk med prediksjonsmodeller for ledige parkeringsplasser og ladeplaser for el-bil, som ser ut til å fungere godt selv om man ikke har sanntidsinformasjon tilgjengelig. Det antydes derfor at rask prosessering av videoer og bilder kan bli en framtidig gamechanger innen dette temaet.

Vegmyndighetene bør satse på utvikling av distribusjon av informasjon om ledige parkeringsplasser og el-billadeplaser, samt ruteveiledning til disse, for å redusere trafikk. Prediksjonsmodeller er tilgjengelige for bruk, men teknologiutvikling og rask prosessering av bilder og videodata kan sørge for tilgjengelig sanntidsinformasjon for slike tjenester.

4.2 Trafikkstyring

4.2.1 Oversikt

I de dokumentene og artiklene som er gjennomgått er det følgende tema som peker seg ut mht. vegmyndigheters rolle og ansvar når det gjelder trafikkstyring.

- **Digital informasjon:** Trafikkstyring handler om å etablere sanntids kommunikasjon mellom trafikkstyringsenhet og kjøretøy, inkludert deling av sikkerhets- og trafikkrelatert data. Det er nødvendig å utvikle standarder for slik digital informasjon.
- **Vedlikehold av vegnettet:** Vedlikeholdsarbeid kombinert med trafikkstyring og automatisering kan bidra til å øke sikkerheten for både trafikanter og driftsarbeidere.
- **Kjerneteknologier:** Her trekkes kommunikasjonsteknologi og teknologi for presis posisjonering frem som viktige fokusområder.
- **Styring av etterspørsel:** Her diskuteres tiltak (som dynamisk vegprising) som kan implementeres for å påvirke transportetterspørselen og forbedre trafikkflyten på vegene.

4.2.2 Digital informasjon

Teknisk handler trafikkstyring om å etablere sanntids toveis-kommunikasjon mellom trafikkstyringsenhet og kjøretøy. Trafikkstyringssentralene og vegkantsystemene må kobles til kjøretøyene, sannsynligvis via flåteforvaltere (fleet managers), kjøretøyprodusenter, Original Equipment Manufacturer (OEM) eller tjenesteleverandører i skyen. Kommunikasjonen bør også brukes til å dele sikkerhetsdata og trafikkstyringsrelaterte data som f.eks. trafikkregler og forskrifter relatert til kjøretøyets ODD (operational design domain). Datasikkerhet på høyt nivå er nødvendig, og cybersikkerhet og personvern vil være viktige punkter som må hensyntas.

Mest sannsynlig må innholdet i trafikkstyringsplanene utvikles i løpet av hele overgangsperioden fra fullt menneskelig betjente kjøretøy til en situasjon hvor nær 100 % av kjøretøyene er automatiserte. De digitale trafikkstyringssystemene vil også kunne gi sanntidsinformasjon til HD-kart og lokale dynamiske kart i kjøretøyene. Det må utvikles standarder for utveksling av digitale trafikkregler, trafikkstyringsplaner, ODD-administrasjonsrelaterte data og andre aktuelle data.

Vegmyndigheters rolle som mobilitets- og trafikkansvarlig må sikres juridisk i et transportsystem som inneholder automatiserte kjøretøy på forskjellige nivåer og med forskjellige bruksområder, kapasiteter og tilpasset forskjellige ODD-er. Altså må trafikkstyringsplaner og digitale trafikkforskrifter gjøres juridisk bindende for alle operatører av kjøretøy (inkludert automatiserte kjøresystemer). Det bør også stilles krav til produsenter av kjøretøy og automatiserte kjøresystemer om deling av sikkerhets-, trafikkadministrasjons- og ODD-relaterte data.

4.2.3 Vedlikehold av vegnettet

Vedlikeholdsarbeid kombinert med trafikkstyring og automatisering kan bidra til å øke sikkerheten for vedlikeholdsarbeidere så vel som trafikanter. I tillegg vil det kunne forbedre trafikkflyten og optimalisere driftskostnadene. Hovedkonklusjonen på nødvendige infrastrukturendringer for å forbedre drift er behovet for tilkobling av operative kjøretøy og vegvedlikeholdsarbeidssoner med et trafikkstyringssenter utstyrt for å informere automatiserte og konvensjonelle kjøretøy i sanntid om slike arbeider.

Tradisjonelt vegarbeid på motorveien (inspeksjoner, mindre reparasjoner, vintervedlikehold, ulykkeshåndtering osv.) utføres i dag av operative arbeidere som alltid er i faresonen og utfører arbeidet i et miljø med høyhastighetstrafikk rett ved siden av. Å få på plass støtte i de mest kritiske operasjonelle oppgavene, som beskyttelse av arbeidssoner i hurtige kjørefelt eller vintervedlikehold med automatiserte førerløse kjøretøy vil fjerne de største faremomentene. Slike tiltak krever ikke endringer på den fysiske infrastrukturen, men heller videreutvikling av den teknologiske beredskapen til systemene i tillegg til endring i juridiske rammeverk. Digital infrastruktur som muliggjør nøyaktig posisjonering og kommunikasjon med en trafikkstyringssentral er viktig. Ubemannede kjøretøy er ikke tillatt på europeiske veger. Dette inkluderer også vedlikeholdskjøretøy som automatiserte sikkerhetsbiler, brøytebiler eller klipperoboter. Endringer i lovgivningen er nødvendig for å tillate dette.

Vegarbeid kan også dra nytte av nye tilstandsdatakilder som er muliggjort gjennom ekstra kjøretøysensorer og V2I-kommunikasjon. I fremtiden bør innsamling av vegtilstandsdata som sprekker, spor o.l. fra automatiserte kjøretøy gjennom V2I-kommunikasjon.

Vegmyndighetene bør planlegge et fremtidig vegvedlikehold som er basert på innhenting av relevante data fra automatiserte kjøretøyer på de ulike nivåene og bruk av automatiserte vedlikeholdskjøretøyer.

4.2.4 Kjerneteknologier

Her trekkes det frem to kjerneteknologier som er essensielle for trafikkstyring.

Kommunikasjon

Mellomdistanse-basert kommunikasjon som DSRC ser ut til å spille en viktig rolle innen trafikkstyring. Kommunikasjonen er godt tilpasset V2V og V2I-kommunikasjon. Utbygging av infrastruktur for slik type kommunikasjon er imidlertid svært kostbart. Her bør utbygging vurderes langs prioriterte strekninger. I tillegg bør vegmyndigheter følge med på utviklingen rundt denne type kommunikasjon, og spesielt på bilindustriens og internasjonale vegmyndigheters arbeid.

Langdistanse teknologier som C-V2X og 5G-NR teknologiene er utløsende teknologier for fremtidige intelligente transportsystem. Litteraturstudiet identifiserer 5G teknologi som et av de viktigste fremstegene i utviklingen av automatiserte kjøretøyer. Utbygging av 5G-teknologi gjennomføres i dag hovedsakelig av telebransjen. *For å få fortgang i utbygging bør vegmyndighetenes behov for 5G langs vegnettet kommuniseres tydelig.*

Presis posisjonering

Den andre kjerneteknologien som trekkes frem er presis posisjonering. Trafikkstyring fordrer datainnhenting og da er lokasjon essensielt. Presis posisjonering med GNSS og korreksjonsdata er godt utbygd i Norge via Kartverkets CPOS-tjeneste. Men tjenesten er ikke skalerbar til det forventede massemarkedet som vil oppstå ved automatisert kjøring. *Vegmyndighetene bør påse at det finnes GNSS korreksjonsdata langs vegnettet og at dette er tilgjengelig for et stadig voksende marked.*

I områder uten GNSS-dekning (f.eks. i tunneler) kan det vurderes andre posisjoneringsløsninger (f.eks. ved bruk av 5G).

4.2.5 Styring av etterspørsel

Flere forskningsprosjekter og piloter undersøker muligheten for vegprising. Det bør vurderes å implementere dynamisk vegprising i områder med mye trafikk, hvor prisen på vegbruken varierer avhengig av tidspunkt og trafikkmengde. Dette kan bidra til å redusere trafikkork, forbedre trafikkflyten og redusere belastningen på veinettet. Det bør også vurderes å differensiere prisingen etter kjøretøytype, for eksempel ved å øke prisen for tunge kjøretøy som forårsaker større slitasje på vegene og utgjør en større risiko for trafikksikkerheten. Flere prosjekter undersøker geofence-teknologi til dette formålet.

4.3 Automatisert kjøring

4.3.1 Oversikt

I de dokumentene og artiklene som er gjennomgått er det følgende tema som peker seg ut mht. vegmyndigheters rolle og ansvar når det gjelder automatisert kjøring:

- Etablering, drift og vedlikehold av fysisk og digital veginfrastruktur, inkl. kartlegging og utvikling av Infrastructure Support Levels for Automated Driving (ISAD)
- Informasjonsarkitektur inkl. eierskap til data og personvern, innsamling av informasjon fra kjøretøy, distribusjon av data og datasikkerhet
- Styring av automatiserte kjøretøyer ved hendelser og i overgangssoner og styring av trafikk med kjøretøyer som har blandet nivå på automatisering
- Verdinettverk for drift av infrastruktur og informasjonsinnsamling, behandling og distribusjon

4.3.2 Fysisk og digital veginfrastruktur

Flere dokumenter og artikler tar opp temaet etablering, drift og vedlikehold av fysisk og digital veginfrastruktur og flere har anbefalinger mht. tematiske områder som bør prioriteres i videre arbeid og som er relevante for tema og målsetninger for vegmyndigheter:

- Systemer for automatisert kjøring blir mer og mer basert på kjøretøyets egne sensorer og kamerasensorer er en av disse. Mange av applikasjonene for automatisert kjøring bygger på kamerasensorene sine registreringer av skilte og oppmerking. *Økt vedlikehold av både skilt, signaler og oppmerking vil derfor være nødvendig for at systemet for automatisert kjøring med dets sensorer skal kunne erstatte den menneskelige oppfattelse og tolking av skilt og signaler.* På sikt vil den informasjonen som gis gjennom fysiske skilte og oppmerking erstattes av elektronisk informasjon som kan lastes ned til de automatiserte kjøretøyene gjennom:
 - Initialisering av systemet for automatisert kjøring, gjerne utført av produsenten av kjøretøyer
 - Oppdatering av informasjon overført fra produsenter av kjøretøyer, gjerne over sikre luftgrensesnitt

- Oppdatering av informasjon overført fra vegmyndigheter, gjerne over sikre luftgrensesnitt
- Oppdatering av informasjon overført fra vegholder gjennom vegkantutstyr, f.eks. ved overganger til en ny ISAD-strekning

Inntil alle trafikkregler og informasjon om skilter og oppmerking er digitalisert og alle kjøretøyer er utrustet for å kunne behandle og bruke slik informasjon, vil det imidlertid være nødvendig med økt vedlikehold av skilt og oppmerking.

- Automatiserte kjøretøyer trenger informasjon om i hvilken utstrekning vegnettet er utrustet for automatisert kjøring. Støtte fra vegkantsystemene er viktig for at automatiserte kjøretøyer skal kunne holde høye nivåer av automatisert kjøring. Det er derfor viktig at vegholderne distribuerer informasjon om hvilket ISAD-nivå en vegseksjon til enhver tid har. Dette kan f.eks. være meget viktig når automatiserte kjøretøyer skal navigere i et vegnett med varierende grad av utrustning for automatisert kjøring. Det er også viktig mht. at det automatiserte kjøretøyet i god tid kan varsle føreren om at kjøretøyet nærmer seg en strekning hvor føreren må være forberedt på å ta over føreroppgavene, f.eks. ved overgang fra SAE Nivå 4 til SAE nivå 3 eller fra Nivå 3 til Nivå 2. *Vegholdere må derfor kategorisere infrastrukturen iht. ISAD-kategoriseringen og kontinuerlig oppdatere kategorien i takt med oppgraderinger og publisere denne informasjonen slik at den er lett tilgjengelig for automatiserte kjøretøyer.* Slik publisering kan f.eks. foregå gjennom Norsk Vegdatabank (NVDB).
- Det er meget viktig at testing av automatiserte kjøretøyer ikke bare utføres på lukkede testbaner, men også virkelig og åpen infrastruktur som er beregnet for allmenn ferdsel. Det gjør det mulig å teste ut samvirke mellom automatiserte kjøretøyer på nivå \geq SAE 3 og kjøretøyer med menneskelige førere. Slik testing kan ha store sikkerhetsmessige utfordringer og bør i starten begrenses til strekninger med lave hastigheter og fysisk midtdeler. *Vegmyndigheter og vegholdere bør derfor starte utredningen av mulige teststrekninger for testing på strekninger åpen for allmenn ferdsel.* En slik utredning kan ha en kravspesifikasjon som sikrer at risikoen på teststrekningen er på et akseptabelt nivå.
- Kvalitet og tilgjengelighet på digital infrastruktur. Den utrustningen langs vegen som skal støtte automatisert kjøring må ha høy kvalitet mht. konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet. Den digitale infrastrukturen skal også bidra til at ikke bare automatiserte kjøretøyer, men også menneskelige førere, skal gjøres oppmerksom på farer som den digitale infrastrukturen registrerer. Dette vil være vegmyndighetenes og vegholders ansvar. Siden vegkantutrustningen i enkelte situasjoner kan gripe inn og styre kjøretøyene, se avsnittet nedenfor om styring av automatiserte kjøretøyer, må informasjonssikkerheten og kvaliteten på informasjonen være harmonisert med tilsvarende krav til kjøretøyet. Avvik her kan få fatale følger. *Vegmyndigheter og vegholdere må derfor oppdatere seg på og gjerne delta i utviklingen og testingen av vegkantutstyr, jfr. det som er gjort av østerrikerne på teststrekningen motorveg A2 nær byen Graz i Østerrike. Testing og spesifisering av digital infrastruktur under nordiske forhold vil være helt nødvendig for at automatiserte kjøretøyer og automatisert kjøring skal kunne innføres på høyere SAE-nivåer i Norge.*

4.3.3 Informasjonsarkitektur

En robust og sikker infrastruktur for automatiserte kjøretøyer og automatisert kjøring er et tema som tas opp i litteraturen. I tillegg til den litteraturen som er gjennomgått er det viktig å nevne den informasjonsarkitekturen som er definert gjennom både ISO, CEN og ETSI standarder som definerer C-ITS-tjenester og datamodeller. Dette er standarder som sikrer interoperabilitet mellom ulike ITS-komponenter som vegkantutstyr, kjøretøyer og sentralsystemer som kan driftes både av vegmyndigheter, vegholdere og

kjøretøyprodusenter. Flere av de dokumentene og artiklene har anbefalinger mht. tematiske områder som bør prioriteres i videre arbeid og som er relevante for tema og målsetninger for vegmyndigheter:

- Datakvalitet er et tema som ofte nevnes siden de dataene som brukes av automatiserte kjøretøyer skal tolkes og brukes av maskiner og ikke menneskelige førere. De tre viktigste prinsippene for kvalitet er konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet.
 - Konfidensialitet betyr at det er bare autoriserte enheter som skal ha tilgang til dataene som lagres, behandles og distribueres av en enhet. Dette kan gjerne sikres gjennom gjensidig autentisering av de to partene som utveksler data.
 - Integritet betyr at mottaker av data skal være sikker på at de dataene som mottas er ekte og ikke endret under vegs i utvekslingen av data. Integritet kan gjerne sikres med sertifikater som bekrefter at dataene kommer fra en tiltrodd part og at de ikke er endret under vegs.
 - Tilgjengelighet betyr at data skal være tilgjengelig når brukeren trenger de. Dette er spesielt viktig når automatiserte kjøretøyer skal samvirke, f.eks. gjennom distribusjon av såkalte CAM-meldinger (Cooperative Awareness Message) som informerer andre kjøretøyer rundt avsenderen av CAM-meldingen om kjøretøyets posisjon, retning og hastighet.

Det er viktig at vegmyndigheter setter seg godt inn de ulike standardene og kravene som gjelder for datakvalitet og at disse standardene og kravene legges til grunn ved utvikling, utbygging og drift av den digitale infrastrukturen som skal legge grunnlaget for automatisert kjøring. Det er også viktig at dataene som brukes av automatiserte kjøretøyer er riktige og at det aldri er noen tvil om hvilke data som er riktig, f.eks. data som ligger i et digitalt kart og data som kjøretøyet selv registrerer.

- Dataeierskap er viktig mht. ansvarsfordeling i de tilfellene det inntreffer hendelser som skyldes manglende nøyaktighet på data (f.eks. posisjonsdata) og manglende konfidensialitet, integritet eller tilgjengelighet. I [65] diskuteres begrepet data eierskap basert på en litteraturstudie. Et forslag til definisjon på dataeierskap er følgende:
Eieren av trafikkdata er den fysiske personen, organisasjonen eller myndigheten som har skapt et gitt sett med trafikkdata og som kan verifisere at dette settet er sanne og pålitelige. Med trafikkdata eierskap menes retten til å bruke, leie ut, selge, gi bort og destruere trafikkdata.
Eierskap er som sagt viktig mht. ansvarsfordeling, men er også viktig i verdinettverk siden data representerer store verdier for den som eier data og som kan selge data til brukere av data. Dette gjelder f.eks. data som kjøretøyet samler inn og som eier av data kan selge videre til f.eks. vegholder som kan bruke dataene som grunnlag for dedikert vedlikehold.

Det er viktig at vegmyndigheter og vegholder utvikler en policy for:

- *generering, lagring, behandling og bruk av data som er nødvendig for at systemer for automatisert kjøring har tilstrekkelig med data slik at systemet kan utføre alle føreroppgavene på en sikker og effektiv måte*
- *data som samles inn av de automatiserte kjøretøyene og som kan benyttes til vegholders drift av den fysiske og digitale infrastrukturen*
- *eierskap av slike data*
- *personvern knyttet til innsamling, behandling og bruk av slike data*

4.3.4 Styring av automatiserte kjøretøyer

Styring av automatiserte kjøretøyer ved spesielle scenarier som vegvedlikehold, vegarbeid, ulykker og andre hendelser kan gjennomføres med støtte av den digitale infrastrukturen. Dette gjelder spesielt på

SAE nivå 4 og 5 hvor det i prinsippet ikke trenger å være noen fører eller utstyr for å styre kjøretøyet. Dersom et kjørefelt er sperret, f.eks. pga. vedlikehold, vegarbeid eller havarert kjøretøy, vil et automatisert kjøretøy på nivå 4 eller 5 gjerne stoppe på en sikker måte. I slike tilfeller kan den digitale infrastrukturen støtte den automatiserte kjøringen på følgende måte:

- Detektere at et kjøretøy har stoppet basert på videoovervåkning eller det automatiserte kjøretøyet utsendelse av CAM og DENM-meldinger
- Styre det automatiserte kjøretøyet forbi de objektene som har fått det automatiserte kjøretøyet til å stoppe gjennom å sende en melding med styrekommandoer, f.eks.:
 - skift til annet felt når det er ledig luke i kjøretøystrømmen i dette feltet
 - kjør med hastighet 20 km/t i 200 meter i det andre feltet og kjør tilbake til det opprinnelige felt når det er ledig luke i dette feltet
 - øk hastigheten til skiltet fartsgrense.

Styringskommandoene kan sendes ut fra et sentralsystem, f.eks. en vegtrafikksentral (VTS) i et mobilt nettverk (f.eks. 5G) eller fra fast eller mobilt vegkantutstyr i et kortholds kommunikasjonsnett (f.eks. ITS-G5 eller DSRC). Ulike eksempler på slik styring er beskrevet i [56] og Figur 7.

Vegholder kan også styre automatiserte kjøretøyer ved å sende ut DENM-meldinger om f.eks. spesielle vær- og føreforhold sammen med melding om nedsatt fartsgrense (dynamisk METR-melding).

Vegmyndigheter og vegholdere bør utarbeide en policy og planer for hvordan ulike hendelser kan håndteres mht. styring av automatiserte kjøretøyer i situasjoner hvor nødvendige data og algoritmer ikke er lagret i systemet for automatisert kjøring, men hvor den digitale infrastrukturen driftet av vegholder kan kompensere for dette. Ansvar for styringen og den praktiske gjennomføringen av den kan gjerne være delt mellom offentlige og private aktører. Dette vurderes nærmere gjennom den nevnte policyen og planene for håndtering av hendelser.

4.3.5 Verdinettverk for drift av digitalt og fysisk infrastruktur

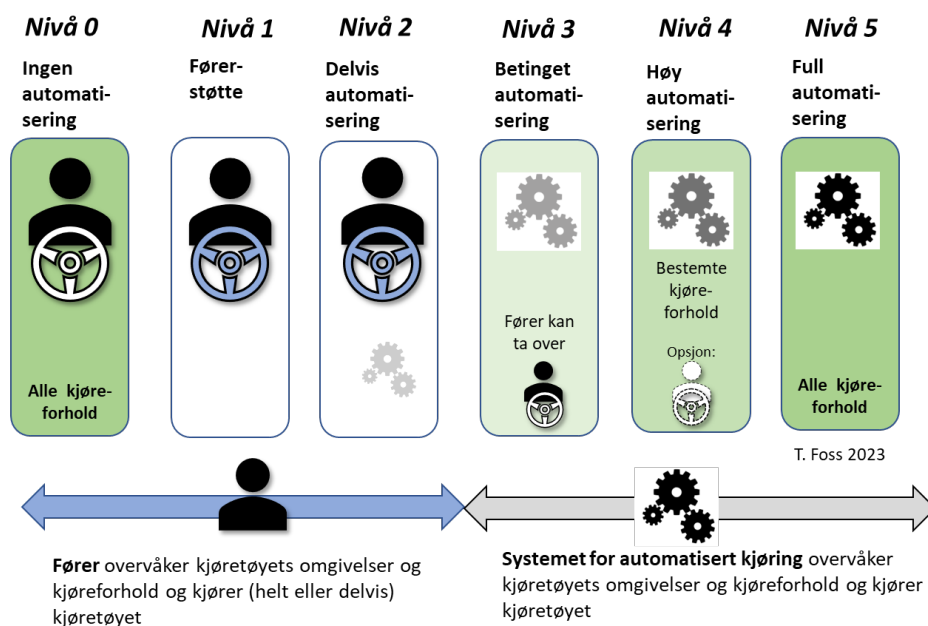
I flere av de dokumentene/artiklene som er gjennomgått omtales behovet for samarbeid mellom offentlige og private aktører som er involvert i et økosystem for automatisert kjøring. Dette gjelder både samarbeid om utvikling, installering og drift av den fysiske og digitale infrastrukturen og det verdinettverket som må etableres for å drifte dette økosystemet. Et verdinettverk viser hvordan de ulike aktørene som er involvert i et økosystem for automatisert kjøring er knyttet sammen i et nettverk av verdistrømmer som f.eks. kan være finans- vare- og tjenestestrømmer, informasjonsstrømmer, kompetansestrømmer og kundelojalitet. Det er viktig at slike verdinettverk foreligger tidlig i prosessen med å utvikle, installere og drifte et slik økosystem for automatisert kjøring slik at alle potensielle aktører enkelt kan se og vurdere de verdiene de kan oppnå ved å delta i et slikt verdinettverk ('what's in it for me'). Slike verdinettverk kan også brukes til å vurdere skalerbarheten i verdinettverket og det kan brukes til å vurdere risiko og sårbarhet for de ulike verdistrømmene som må foreligge for at systemet skal kunne gjennomføres og driftes.

Vegmyndigheter og vegholdere bør utvikle en rolle- og ansvarsmodell for et system for automatisert kjøring. Denne rolle- og ansvarsmodellen bør videre danne grunnlag for et verdinettverk hvor de ulike aktørene som skal oppfylle de ulike ansvarsområdene definert i rolle- og ansvarsmodellen blir noder i verdinettverket og hvor de ulike verdistrømmene som knytter nodene sammen blir definert. Dette verdinettverket blir en viktig pilar for et økonomisk bærekraftig, effektivt og sikkert system for automatisert kjøring.

4.3.6 Tidsplan for automatisert kjøring

Ulike kilder har ulike betraktninger mht. hvor raskt innføringen av automatisk kjøring på de høyeste nivåene vil foregå. Her er det mange momenter som kan dra i ulike retninger. Brukernes aksept er meget viktig og selv om kjøretøyprodusenter pusher utviklingen av kjøring på nivå 3 og høyere, har ikke brukerne vist den samme etterspørselen så langt [68]. Det juridiske rammeverket som må til for at føreroppgavene skal kunne utføres av en maskin, og ikke en menneskelig fører, er også et langt lerret å bleke, ikke minst mht. ansvarsfordelingen mellom produsent, forhandler, sertifiseringsorgan og vegmyndigheter. Ved en uønsket hendelse kan det bli spørsmål om: var kjøretøyets sensorer og kjøretøykontroll iht. kravene, hadde forhandleren informert kunden godt nok om begrensninger ved bruken, var sertifiseringsprosedyrene gode og fulgt og var den fysiske og digitale veginfrastrukturen (inkl. kommunikasjon) så god og tilgjengelig som den skulle være iht. ISAD-kategoriseringen? Disse og andre spørsmål vil styre utviklingen. I tillegg kan det skje uventede ting innenfor teknologiutviklingen som setter hele prosessen i et nytt lys.

Det foreligger relativt mange ekspertuttalelser om når man eventuelt kan ha innført automatisert kjøring på høyeste automatiseringsnivå (Nivå 5). Disse uttalelsene varierer fra 10-15 år til aldri. Noen eksperter mener også at man bør unngå nivå 3 av sikkerhetsmessige årsaker. Organisasjonen CEDR (Conference of European Directors of Roads) sier i sin strategi for 2018-2028 [41] at i løpet av de neste ti årene, vil kjøring på nivå 3 og 4 vil være tilgjengelig på motorveger i tillegg til puljekjøring med tunge kjøretøyer. Hvis vi ser på status i dag i forhold til 5 år tilbake i tid da vi fikk loven om utprøving av automatisert kjøring i Norge, er det etter vår oppfatning meget lite sannsynlig at man vil ha automatisert kjøring på norske motorveger i 2028. Tilbake til brukeraksept: vil norske trafikanter om 5 år etterspørre å sitte i et automatisert kjøretøy på norske motorveger i en hastighet på 110 km/t? Kanskje kan 10-15 år fra i dag være et mer realistisk tidsperspektiv for slik etterspørsel. Teknologisk vil det nok være mulig, men vil brukerne etterspør denne muligheten? Vil de føle seg trygge i en slik hastighet sammen med en fortsatt stor andel av kjøretøyer hvor føreroppgavene utføres av mennesker? Kanskje er det mer realistisk å se for seg automatiserte kjøretøyer for transport av personer og gods i byer og tettbygde strøk hvor kjøretøyene har en maksimumshastighet på 40-50 km/t innenfor en tilsvarende tidsperiode.



4.4 Viktige tjenesteområder og ITS-tjenester

Statens vegvesen har en meget sentral rolle når det gjelder transport av personer og gods på det norske vegnettet. De er både transportmyndighet med ansvar for regelverk, forskrifter og retningslinjer for hele det norske vegnettet, de er vegholder med ansvar for det norske hovedvegnettet og de er vegoperatør for det samme nettverket, f.eks. gjennom drift av vegtrafikksentralene. Per i dag er det ITS-tjenestene innenfor trafikantinformasjon og trafikkstyring som er de viktigste og på kort og mellomlang sikt vil det trolig være her den største innsatsen kan ligge. Samtidig vil vegvesenet måtte starte prosessen med å forberede den fysiske og digitale infrastrukturen som er nødvendig for innføring av automatisert kjøring på nivå 3-5. Nedenfor har vi pekt på et par områder som vi mener er viktige både på kort og lang sikt:

- **Trafikkdata.** Data om de kjøretøyene som befinner seg i vegsystemet, data om selve infrastrukturen og om miljøet (f.eks. vær og forurensning) er essensiell input til de aller fleste ITS-tjenestene. Her er det viktig at vegvesenet går foran og utvikler et rammeverk for datainnsamling fra kjøretøy-, vegkant- og sentralsystemer og hvordan dette rammeverket skal bidra til effektiv og sikker bruk av data i ITS-tjenester basert på C-ITS. Trafikkdata med nødvendig kvalitet, sikkerhet og tilgjengelighet er basis for alle ITS-tjenester innenfor tjenesteområdene Trafikantinformasjon, Trafikkstyring og Automatisert kjøring. Et slikt rammeverk bør inkludere eksterne leverandører av trafikkdata og det bør utvikles en rolle- og ansvarsmodell som senere kan utvikles til et verdinettverk for trafikkdata.
- **Fysisk og digital infrastruktur.** Både den fysiske og den digitale infrastrukturen skal støtte vegvesenets arbeid som leverandør av ITS-tjenester både innenfor trafikantinformasjon, trafikkstyring og automatisert kjøring. Utstyr langs vegen skal både samle inn data fra kjøretøyer, infrastrukturen og miljøet og det skal brukes til å informere trafikanter og å styre trafikken, inkludert styring av automatiserte kjøretøyer når og hvor dette måtte kreves. Den digitale infrastrukturen inkluderer også støttetjenester levert av andre enheter, f.eks. kommunikasjonstjenester levert av teleoperatører og posisjoneringstjenester levert av GNSS-operatører og operatører av stasjoner for GNSS korreksjonsdata. Vi regner også høyoppløselige digitale kart som en viktig del av den digitale infrastrukturen, ikke minst mht. ITS-tjenester som støtter automatisert kjøring på nivå 3-5, men også tjenester på nivå 2.

5 Referanser

| | |
|------|---|
| [1] | Statens vegvesen, 2022, ITS-tjenester basert på samvirkende ITS, Rapport nr. 821. https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/bitstream/handle/11250/2995261/27_05_22%20SVV%20rapport%20821%20ITS-tjenester.pdf?sequence=6&isAllowed=y |
| [2] | NAPCORE. (u.å.) <i>About NAPCORE</i> . https://napcore.eu/ |
| [3] | Damaris Anna Gruber. (21.10.2022) <i>Best Practices and recommendations for harmonised compliance assessment</i> . https://drive.google.com/file/d/1r2TOuhYuoXVkr-Tx3AwKXpWiBd_dIQxK/view |
| [4] | Risto Öörni. (07.11.2022) <i>Synchronised compliance assessment processes and self-declaration forms</i> . https://drive.google.com/file/d/1vUhoJMcqwsBO34PpNEmHBqGIWniEBRsV/view |
| [5] | ERTRAC Working Group: Urban Mobility (04.08.2021) <i>New Mobility Services Roadmap</i> . https://www.ertrac.org/wp-content/uploads/2022/07/ERTRAC-New-Mobility-Roadmap-V4.pdf |
| [6] | CIVITAS (u.å.) <i>TmaaS – Traffic Management as a Service</i> . https://civitas.eu/tool-inventory/tmaas-traffic-management-as-a-service |
| [7] | UIA – Urban Innovative Actions (u.å.) <i>Ghent</i> . https://uia-initiative.eu/en/uia-cities/ghent |
| [8] | MOBIDATALAB. (u.å.) <i>MobiDataLab</i> . https://mobidatalab.eu/ |
| [9] | Margarida Sardo, Sophie Laggan, Laura Fogg Rogers, Elke Franchois, Anke Bracke (23.11.2021) <i>WeCount Deliverable 5.4: Part A – Final Summative Monitoring & Evaluation Project Report</i> . https://we-count.net/uploads/Deliverable-5.4-Part-A-Final-Summative.pdf |
| [10] | F. Bock, S. Di Martino & M. Sester. (10.04.2019). <i>What Is the Impact of On-street Parking Information for Drivers?</i> https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-17246-6_7 |
| [11] | S. Gomari, R. Domakuntla, C. Knoth & C. Antoniou. (10.01.2023). <i>Development of a Data-Driven On-Street Parking Information System Using Enhanced Parking Features</i> . https://doi.org/10.1109/OJITS.2023.3235898 |
| [12] | A Shahana & Vedagiri Perumal. (14.06.2022) <i>Spatiotemporal Variation of Traffic Conflict at Signalized Intersections under Non-Lane-Based Traffic Condition</i> . https://doi.org/10.1177/03611981221099288 |
| [13] | A. Kraft, F. Naujoks, J. Wörle & A. Neukum (22.12.2017). <i>The impact of an in-vehicle display on glance distribution in partially automated driving in an on-road experiment</i> . https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.11.012 |
| [14] | O. X. Kuiper, J. E. Bos, C. Diels (25.11.2017). <i>Looking forward: In-vehicle auxiliary display positioning affects carsickness</i> . https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.11.002 |
| [15] | V. Charissis, J. Falah, R. Lagoo, S. F. M. Alfalah, S. Khan, S. Wang, S. Altarteer, K. B. Larbi & D. Drikakis (04.02.2021). <i>Employing Emerging Technologies to Develop and Evaluate In-Vehicle Intelligent Systems for Driver Support: Infotainment AR HUD Case Study</i> . https://doi.org/10.3390/app11041397 |
| [16] | A. Löcken, K. Ihme & A. Unni (24.09.2017). <i>Towards Designing Affect-Aware Systems for Mitigating the Effects of In-Vehicle Frustration</i> . https://doi.org/10.1145/3131726.3131744 |



| | |
|------|---|
| [17] | Gonçalo Alface, João C. Ferreira & Rúben Pereira (03.06.2019). <i>Electric Vehicle Charging Process and Parking Guidance App</i> . https://www.mdpi.com/1996-1073/12/11/2123 |
| [18] | Pablo Barbecho Bautista, Leticia Lemus Cárdenas, Luis Urquiza Aguiar, Mónica Aguilar Igartua. (26.08.2019) A traffic-aware electric vehicle charging management system for smart cities. https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2019.100188 |
| [19] | EnTur (u.å.). <i>Om Entur</i> . https://om.entur.no/om-entur |
| [20] | EnTur (u.å.). <i>Entur på ITS-forum</i> . https://om.entur.no/aktuelle-saker/entur-pa-its-forum/ |
| [21] | EnTur (u.å.). <i>Entur Developer</i> . https://developer.entur.org/ |
| [22] | EnTur (u.å.). <i>Reisende vil vite mer før de vil reise kollektivt igjen</i> . https://om.entur.no/aktuelle-saker/reisende-vil-vite-mer-for-de-vil-reise-kollektivt-igjen/ |
| [23] | Jeanette Sjøberg (04.01.2023) <i>Forskere sjekker om skjermer i bil går på sikkerheten løs: – Det blir som en smarttelefon på hjul</i> . Aftenposten. https://www.aftenposten.no/motor/i/Mo6eLo/forskere-sjekker-om-skjermer-i-bil-gaar-paa-sikkerheten-loes-det-blir-som-en-smarttelefon-paa-hjul |
| [24] | R. Ramnath, N. Kinnear, S. Chowdhury & T. Hyatt (31.01.2020). <i>Interacting with Android Auto and Apple CarPlay when driving: The effect on driver performance</i> . https://iamwebsite.blob.core.windows.net/media/docs/default-source/default-document-library/iam-roadsmart-trl-simulator-study_infotainment.pdf?sfvrsn=d873495c_2 |
| [25] | IAM RoadSmart (u.å.). <i>Infotainment safety concerns</i> . https://www.iamroadsmart.com/campaign-pages/end-customer-campaigns/infotainment |
| [26] | CEDR, MANTRA project, 2020, Deliverable 4.2 Consequences of automation functions to infrastructure |
| [27] | Saharan, Sandeep & Bawa, Seema & Kumar, Neeraj. (2019). Dynamic pricing techniques for Intelligent Transportation System in smart cities: A systematic review. <i>Computer Communications</i> . 150. 10.1016/j.comcom.2019.12.003. |
| [28] | Souza, Allan & Brennand, Celso & Yokoyama, Roberto & Donato, Erick & Madeira, Edmundo & Villas, Leandro. (2017). Traffic management systems: A classification, review, challenges, and future perspectives. <i>International Journal of Distributed Sensor Networks</i> . 13. 155014771668361. 10.1177/1550147716683612. |
| [29] | UITP, 2022, Managing the demand for mobility: A transformational policy instrument. https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2022/09/Policy-Brief-Demand-Management-Aug-2022.pdf |
| [30] | GeoSense, Geofencing strategies for implementation in urban traffic management and planning. https://closer.lindholmen.se/en/project/geosence 26.02.2023 |
| [31] | TomTom, https://www.tomtom.com/solutions/road-traffic-management/ 27.02.2023 |
| [32] | ISO TS 14812 Intelligent Transport Systems – Vocabulary |
| [33] | ISO/TR 17465-1:2014 Intelligent transport systems — Cooperative ITS — Part 1: Terms and definitions |
| [34] | ISO 21217:2020 Intelligent transport systems — Station and communication architecture |



| | |
|------|--|
| [35] | ISO/SAE PAS 22736:2021 Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles. |
| [36] | ISO 14813-1:2015 Intelligent transport systems — Reference model architecture(s) for the ITS sector — Part 1: ITS service domains, service groups and services |
| [37] | European Road Transport Research Advisory Council (ERTRAC), 2022, <i>Connected, Cooperative and Automated Mobility Roadmap</i> , https://www.ertrac.org/wp-content/uploads/2022/07/ERTRAC-CCAM-Roadmap-V10.pdf |
| [38] | VTI, 2022, <i>Infrastruktur för bilar med automatiserade funksjoner</i> http://vti.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1643287&dswid=-9836 |
| [39] | CCAM Partnership, 2022, <i>Strategic Research and innovation agenda</i> , v1.4, 17/03/2022 |
| [40] | som lastet ned fra https://www.ccam.eu/projects/ 8. nov. 2022 |
| [41] | CEDR, 2018, <i>National Road Authority Connected and Automated Driving strategy 2018-28</i> , https://www.cedr.eu/docs/view/60632717453a3-en |
| [42] | CEDR, MANTRA project, 2019, <i>Deliverable D3.1 – D3.1 Impacts of connected and automated vehicles – State of the art</i> |
| [43] | ESRIUM, EGNSS-enabled Smart Road Infrastructure Usage and Maintenance for increased energy efficiency and safety on European road networks. https://esrium.eu/ |
| [44] | Ahangar, M.N.; Ahmed, Q.Z.; Khan, F.A.; Hafeez, M., <i>A Survey of Autonomous Vehicles: Enabling Communication Technologies and Challenges</i> . Sensors 2021, 21, 706. |
| [45] | Lytrivisa, P., et al. <i>Advances in Road Infrastructure, both Physical and Digital, for Mixed Vehicle Traffic Flows</i> . Proceedings of 7 th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria |
| [46] | Storsæter, A.D., <i>Designing and Maintaining Roads to Facilitate Automated Driving</i> . Doctoral theses at NTNU, 2021:240 |
| [47] | Krontiris, I., et al., 2020, <i>Autonomous Vehicles: Data Protection and Ethical Considerations</i> |
| [48] | Kutila, M. et al., 2019, <i>C-V2X Supported Automated Driving</i> |
| [49] | Rudigier, M., 2021, <i>Development and Verification of Infrastructure-Assisted Automated Driving Functions</i> |
| [50] | CEDR, 2021, DIREC - Digital Road for Evolving Connected and Automated Driving som beskrevet på https://direcproject.com/whatisdirec 21.12.2022 |
| [51] | Erhart, J., et al., 2020, <i>Infrastructure support for automated driving: Further enhancements on the ISAD classes in Austria</i> , TRA 2020 proceedings |
| [52] | Carreras, A., et al., 2018. <i>Road infrastructure support levels for automated driving</i> . In: <i>Proceedings of 25th ITS World Congress</i> , September 17–21, 2018, Copenhagen. EU-TP1488. |
| [53] | SAE J3016_201806 Levels of Automated Driving, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, 2019, available online at https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/ |
| [54] | C-ROADS, <i>Harmonised C-ITS Specifications for Europe – Release 1.5</i> , se https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/Harmonised_specs_text.pdf |



| | |
|------|---|
| [55] | ECo-AT Extended Release 4.0 System Specifications, se http://www.eco-at.info . |
| [56] | Schindler, J., et al. (2020) <i>Infrastructure-Supported Cooperative Automated Driving in Transition Areas</i> , 2020 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC) |
| [57] | Adesiyun, A., et al., (2020) <i>Overview of connected and automated driving test sites</i> , Proceedings of 8th Transport Research Arena TRA 2020, April 27-30, 2020, Helsinki, Finland |
| [58] | Chen, L. and Johnson, A., <i>Public and private partnership platform for quick and effective implementation of digital transport infrastructure</i> , RISE Research Institutes of Sweden |
| [59] | De Britto e Silva, E., (2021) <i>Reinforcing Traffic Safety by using CAM velocity Accuracy</i> , 2021 IEEE ACM International symposium on Distributed simulation and Real time applications |
| [60] | Mihalj, T., (2022) <i>Road Infrastructure Challenges Faced by Automated Driving: A Review</i> . Applied Science 2022, 12, 3477. https://doi.org/10.3390/app12073477 |
| [61] | Datler, B., (2017) <i>The Road to Automation – Road Operators’ Challenges in the Introduction of Automated Driving</i> . ITS World Congress 2017 Montreal |
| [62] | https://aimagazine.com/technology/top-10-companies-developing-autonomous-vehicle-technology |
| [63] | CEDR, DIREC – Digital Road for Evolving Connected and Automated Driving, som lastet ned fra https://www.cedr.eu/docs/view/61b8c01ac076d-en |
| [64] | Traffic management for Connected and Automated Driving (TM4CAD) som lastet ned fra https://www.tmleuven.be/en/project/TM4CAD |
| [65] | Foss, T., Bjerkan, K. Y. og Nordtømme, M., (2016), Ikke-teknologiske aspekter ved kooperativ ITS, SINTEF rapport A27550, https://app.cristin.no/results/show.jsf?id=1349910 |
| [66] | UNECE, Vienna Convention on Road Signs and Signals, (2006) https://unece.org/DAM/trans/conventn/Conv_road_signs_2006v_EN.pdf |
| [67] | Carreras, A. et al., 2018, Road infrastructure support levels for automated driving, INFRAMIX, paper presented at ITS World Congress 2018 https://www.researchgate.net/publication/339353309_Road_infrastructure_support_levels_for_a_utomated_driving#fullTextFileContent |
| [68] | New Self-Driving Car Tech Could Make U.S. Roads More Dangerous, INVERSE Feb. 2023, som lastet ned fra https://www.inverse.com/science/level-3-self-driving-mercedes |