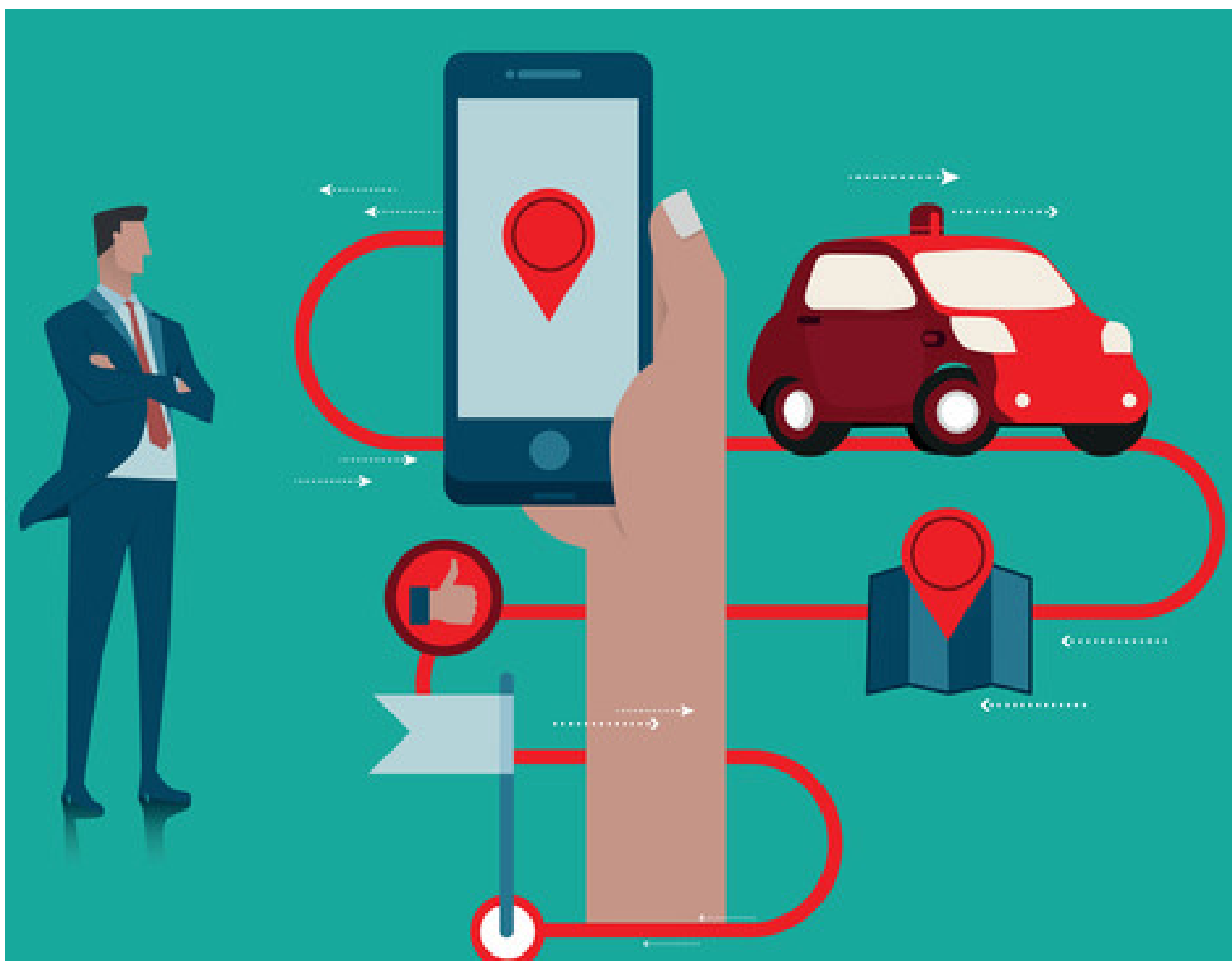


Automatiserte kjøretøy i by

Muligheter og utfordringer

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 443



Tittel

Automatiserte kjøretøy i by

Undertittel

Muligheter og utfordringer

Forfatter

Tom E. Nørbech

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Transportplanlegging

Prosjektnummer**Rapportnummer**

Nr. 443

Prosjektleder

Tom E. Nørbech

Godkjent av

Anne Ogner

Emneord

Automatiserte kjøretøy, autonome kjøretøy, elektrifisering, deling, delingsøkonomi, transportplanlegging

Sammendrag

Automatiserte kjøretøy kan medføre store endringer i transportsektoren. Rapporten forsøker å identifisere noen av disse mulige endringene, og hvordan automatisering spiller sammen med elektrifisering og deling. Deretter diskuteres mulige konsekvenser av dette for samfunnet og offentlig transportplanlegging

Title

Automated Vehicles in Cities

Subtitle

Opportunities and Challenges

Author

Tom E. Nørbech

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Transport Planning

Project number**Report number**

No. 443

Project manager

Tom E. Nørbech

Approved by

Anne Ogner

Key words

Automated vehicles, autonomous vehicles, electrification, sharing, sharing economy, transport planning

Summary

Automated vehicles may bring disruptive changes to the transport sector. This report tries to identify some of these possible changes, and how they interact with electrification and sharing. Possible implications for this for society and public transport planning are discussed

Revidert: 16.10.2018

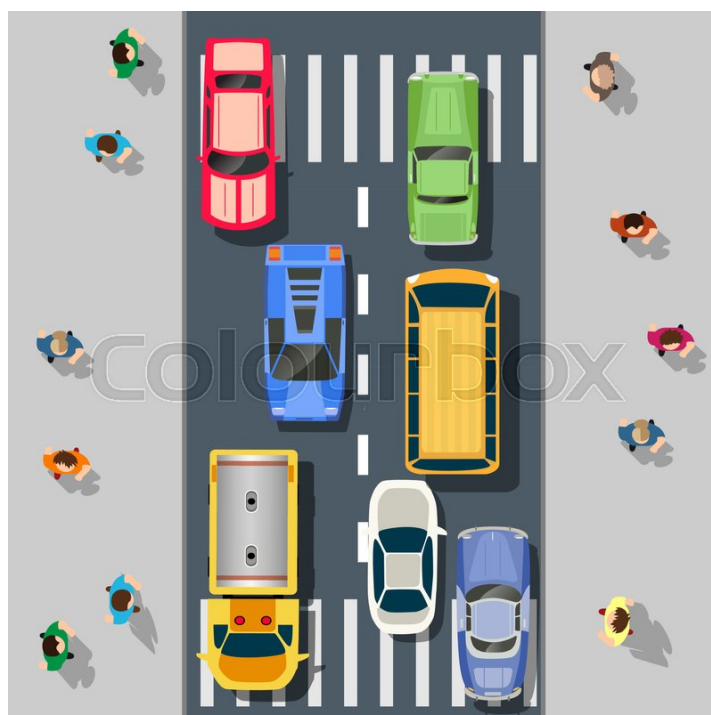
Antall sider 21

Dato Februar 2017

Pages 21

Date February 2017





To view a city from above is to observe a world in motion. Trains carry people to and from work; taxis circulate in abstract patterns; trucks deliver goods and carry away garbage; pedestrians hustle down city blocks; cyclists zip through traffic. Mobility is the lifeblood of our cities and essential for urban life.

1

¹ Bloomberg & McKinsey, 2016

Forord

Automatiserte kjøretøy kan føre til radikale endringer innen transport. Denne typen kjøretøy har potensial til å redusere antall ulykker, gi lavere energiforbruk og forurensning, gi mer rasjonell bruk av offentlige byrom og redusere trafikkork – dersom man legger forholdene godt til rette. Det skjer en rivende utvikling innen feltet, og det synes sannsynlig at automatiserte kjøretøy vil bli en del av transportsystemet. Men det er vanskelig å spå når, i hvilken grad og i hvilken form. Vi vil likevel gjøre et forsøk på å identifisere mulige konsekvenser av automatiserte kjøretøy for transportplanlegging. En proaktiv tilnærming hvor man prøver å tilrettelegge for at automatiserte kjøretøy blir en velfungerende, integrert del av et bærekraftig transportsystem har sine åpenbare fordeler framfor en tilnærming preget av at man venter og ser. Dersom man ikke handler i tide løper man en risiko for at å være for sent ute med tilrettelegging og tiltak for å korrigere mulige uheldige konsekvenser av utviklingen.

Begrepene automatiserte og autonome kjøretøy brukes ofte om hverandre i litteraturen. Imidlertid anser organisasjonen for standardisering innen kjøretøyfeltet, Society of Automobile Engineers, at den korrekte begrepsbruken er «automatiserte kjøretøy» (SAE 2016a), og vi har derfor valgt å bruke dette her.

Det faglige rammeverket for arbeidet er i hovedsak hentet fra rapporten «An integrated perspective on the future of mobility» (Bloomberg & McKinsey 2016), men er supplert med en rekke andre kilder.

Rapporten er ført i pennen av Tom E. Nørbech ved TMTs seksjon for transportplanlegging. Takk til ITS-seksjonen ved Anders Godal Holt, Bjørn Lund og Per Einar Pedersli og seksjon for transportplanlegging ved Anne Ognér og James Odeck for bidrag med nyttige og gode innspill.

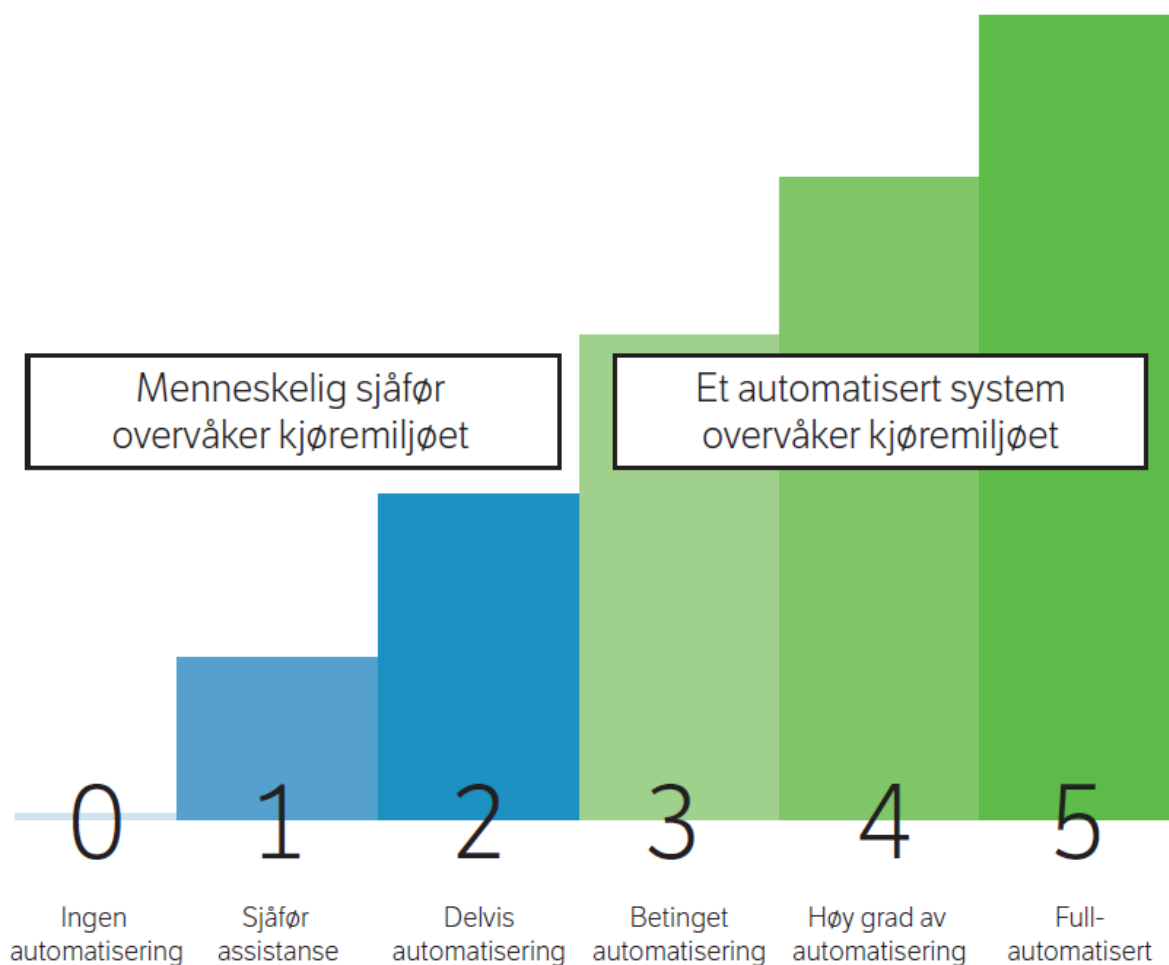
Trondheim, februar 2017

Innhold

1. Ulike grader av automatisering.....	4
2. Sikkerhet, inkludering og energibesparelse	5
3. Tre hovedtrender mot framtidens bytransport.....	6
4. Scenarier: Personlig autonomi eller sømløs mobilitet?	7
5. Endringer som følge av scenariene	10
Konkurransen med kollektivtransport.....	10
Konkurransen med privatbil	10
Mer trafikkarbeid og endret arealbruk	11
6. Scenariene og målsettinger for byområder	11
Sømløs mobilitet framfor privat autonomi	12
Trafikkflyt	13
Trafikkbegrensning	13
Folkehelse.....	14
Konklusjon.....	14
Referanser.....	15
Vedlegg 1: Risikofaktorer for videre utvikling	16
Vedlegg 2. Kunnskapskilder – rapporter, nettsider og nyhetsbrev.....	17
Vedlegg 3. Nærmere beskrivelse av ulike nivåer av automatisering	18

1. Ulike grader av automatisering

Overgangen fra full førerkontroll til full automatisering går gradvis. I litteraturen på feltet operer man med ulike nivåer. Society of Automotive Engineers, standardiseringsorganet for kjøretøyindustrien, opererer med nivåer fra 0 til 5 (SAE 2016a).



Figur 1: Nivåer av automatisering av kjøretøy (SAE 2016b)

Nivå 0 er ingen automatisering. Nivå 1 kalles «**førerassistanse**». Her har føreren hånda på rattet og føttene på eller ved pedalene hele tiden. Et eksempel er «automatisk assistert oppbremsing». **Nivå 2** kalles «**delvis automatisering**». Her har føreren fortsatt i all hovedsak kontroll over kjøretøyet, men kan koble fra pedaler eller ratt av og til. Et eksempel her er «adaptiv cruise control» hvor teknologien sørger for at kjøretøyet til enhver tid er midt i vegbanen. **Nivå 3** kalles «**betinget automatisering**». Her ivaretas de fleste sikkerhetsfunksjoner av teknologien, føreren kan slippe ratt og pedaler, men systemet forventer at føreren trer inn og tar kontroll når systemet vurderer det som hensiktsmessig. På **nivå 4 – høy automatisering** – vil også føreren varsles dersom systemet oppfatter det som

hensiktsmessig at hun/han overtar, men systemet er utformet for å håndtere alle situasjoner dersom fører velger å ikke overta kontrollen. På **nivå 5 – full automatisering** – overtar teknologien alt av kjøringen og kan frakte passasjerer uten førerkort og kjøre uten passasjerer. Ratt og pedaler er ikke lenger nødvendig. For en nærmere beskrivelse av nivåene i SAEs standard, se vedlegg 3.

Tema for denne rapporten er kjøretøy på nivå 5 – altså uten menneskelig fører. Den viktigste usikkerheten om hvordan utviklingen vil ende opp vil antakelig dreie seg om hvorvidt de automatiserte kjøretøyene blir delte eller i privat eie. Ettersom de fire nivåene vil utvikles stegvis, vil man idet man når nivå 3 få en «forsmak» på hvordan situasjon vil være med fullt automatiserte kjøretøy i kjøretøy i privat eie.

Drøftingen av fordeler og ulemper med AK vil i hovedsak gå i spennet mellom private automatiserte kjøretøy og delte automatiserte kjøretøy. Det er derfor hensiktsmessig å introdusere noen forkortelser til bruk i det følgende:

AK – automatiserte kjøretøy

PAK – private automatiserte kjøretøy

DAK – delte automatiserte kjøretøy

2. Sikkerhet, inkludering og energibesparelse

Uavhengig av om de automatiserte kjøretøyene er av typen PAK eller DAK, synes det å være tre viktige potensial som de uansett kan bidra til å realisere – sikkerhet, inkludering og energibesparelse.

Sikkerhet – i litteraturen på feltet er det vanlig å anslå at man kan minske antall bilulykker med minst 90% (Fagnant & Kockelman 2014, Litman 2015). Teorien er at siden førerfeil skyldes mer enn 90% av ulykkene, vil disse bortfalle totalt. Imidlertid vil AV kunne føre til andre feil som kan gi ulykker, f.eks software-problemer eller flere ulykker som følge av flere reiser. Det er vanskelig å bedømme hva som er et riktig eller realistisk estimat, men det synes å være grunnlag for å konkludere med at førerløse kjøretøy har et betydelig potensial for å redusere antall ulykker.

Inkludering – førerløse biler vil gi bedre tilgang på transport for funksjonshemmede, eldre og barn, og dermed gjør disse gruppene mer uavhengig av andre, redusere sosial isolasjon og gi bedre tilgang til tjenester og tilbud utenfor hjemmet.

Energibesparelse – uavhengig av om man som en følge av utviklingen mot AV får flere eller færre kjøretøy, virker det sannsynlig at man får lavere totalt energiforbruk og lavere skadelige utslipp sammenlignet med dagens situasjon. Dette har sammenheng med at det synes sannsynlig at fullt automatiserte kjøretøy i hovedsak vil være elektriske.

Hvordan det vil utvikle seg for øvrig avhenger av

1) hvorvidt parken av automatiserte kjøretøy domineres av PAK eller DAK

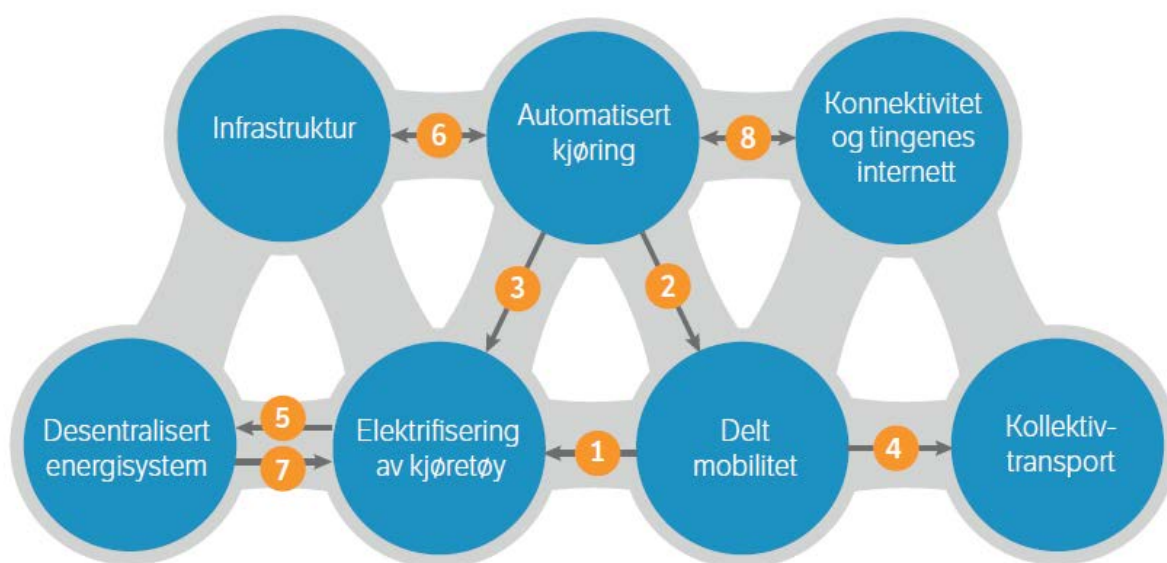
2) hvordan myndighetene tilrettelegger og regulerer utviklingen. Hvordan man søker å påvirke punkt 1) blir da en del av dette.

Utviklingen henimot automatiserte kjøretøy kan sies å være en del av i alt tre store trender som vil kunne gi store endringer i transportfeltet – automatisering, elektrifisering og deling. I det følgende vil vi si litt om dette, før vi ser på to scenarier hvor privat eie dominerer i det ene og delte løsninger i det andre.

3. Tre hovedtrender mot framtidens bytransport

Både veletablerte og nye aktører innen automotiv- og teknologibransjen tester **automatiserte kjøretøy** med sikte på å tilby transporttjenester dør-til-dør uten fører. **Elektriske kjøretøy** er introdusert i massemarkedet og vil bli stadig mer konkurransedyktig etter hvert som batteriprisene fortsetter å falle. Tjenester for **bildeling** og **samkjøring** ved hjelp av smarttelefoner er introdusert i hundrevis av byer rundt omkring i verden, ofte backet opp av kapitalsterke aktører. Hver for seg er disse trendene sterke. Sett i sammenheng kan de bidra til å forsterke hverandre, og omforme transportsektoren til noe vi ikke har sett før.

I det følgende vil vi presentere hvordan disse trendene kan komme til å virke sammen. Figuren og resonnetet er hentet fra rapporten «An integrated perspective on the future of mobility (Bloomberg & McKinsey, 2016)



Figur 2: Viktige trender som påvirker og forsterker hverandre (Bloomberg & McKinsey, 2016)

1. Økt andel av delt mobilitet vil framskynde elektrifisering, ettersom større bruksrate favoriserer elektriske kjøretøy på grunn av rimeligere «drivstoff»

2. Automatiserte kjøretøy kombinert med deling vil kunne konkurrere på kostnad med privatbiler og kollektivtransport
3. Automatiserte kjøretøy – enten de er PAK eller DAK – vil gi flere reiser. Elektriske kjøretøy vil være rimeligst i drift og antakelig også i innkjøp
4. Mer delt mobilitet vil påvirke kollektivtransporten
5. Masseproduksjon av elektriske kjøretøy vil føre til lavere batterikostnader og bidra til desentralisert, lokal energiproduksjon (f.eks solceller på hustak)
6. Automatiserte elektriske kjøretøy vil ha ulike bruksområder, og gi ulike krav til infrastrukturen
7. Økt fornybar energiproduksjon vil gjøre elektriske kjøretøy mer attraktive som tiltak for å redusere klimagassutslipp i transportsektoren
8. Automatiserte kjøretøy kan øke innfasingen av konnektivitet og tingenes internett

På bakgrunn av dette synes det fornuftig å se trendene henimot automatiserte, elektriske og delte kjøretøy i sammenheng. Imidlertid kan det tenkes at utviklingen på disse tre feltene likevel ikke sammenfaller «til slutt». Nærmere bestemt, selv om kjøretøyene blir både automatiserte og elektriske, kan det tenkes at de likevel ikke blir delte.

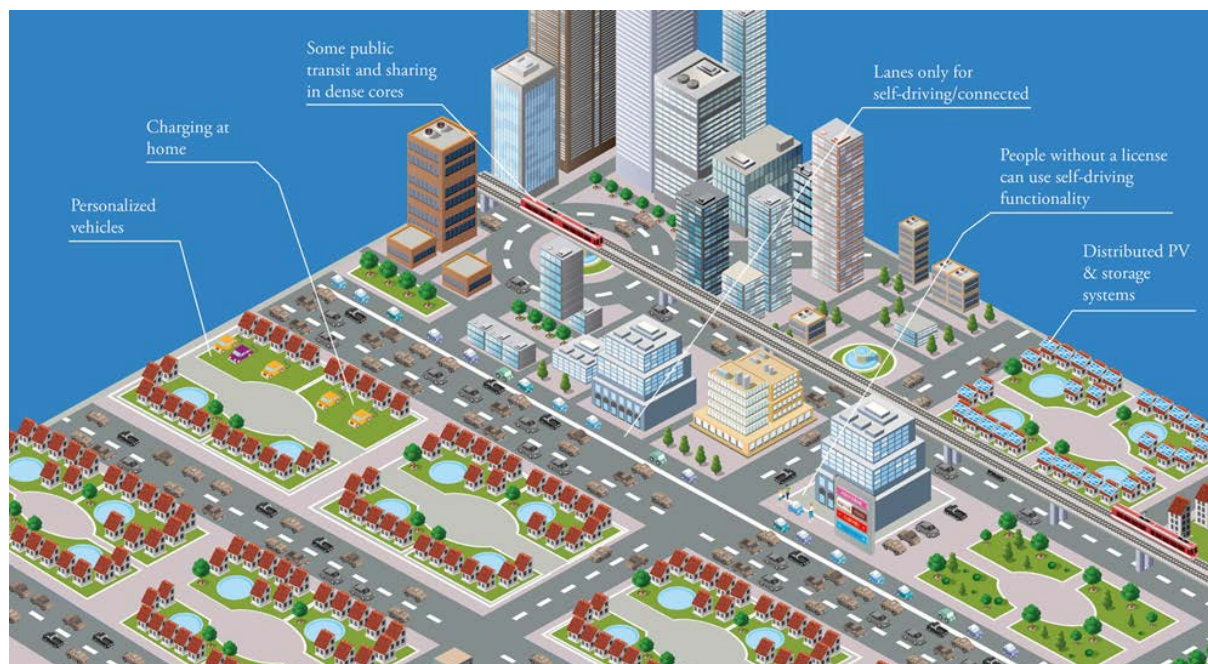


Figur 3: Om utviklingen stopper ved PAK eller DAK vil ha stor betydning

I det følgende vil vi se på to scenarier, hvor de automatiserte kjøretøyene blir elektriske i begge tilfeller, men hvor trenden henimot deling stopper opp i det ene.

4. Scenarier: Personlig autonomi eller sømløs mobilitet?

Scenariene «privat autonomi» og «sømløs mobilitet» angir tre mulige scenarier for utviklingen i ulike typer byområder (Bloomberg & McKinsey, 2016). Det tredje scenariet, «Ren og delt» er et scenario for storbyer i utviklingsland. Her ser man for seg at transporten blir elektrisk og delt, men ikke automatisert. Vi vil derfor ikke gå nærmere inn på dette scenariet.



Figur 4: Illustrasjon scenarie «privat autonomi» (Bloomberg & McKinsey, 2016)

«Private autonomi» er et scenarie som synes mest sannsynlig i mindre tette og mer eller mindre urbane områder. Som mulige eksempler nevnes Sydney, Houston og Ruhr-området i Tyskland. I dette scenariet blir bilene føreløse og elektriske, men fortsatt private. Systemer for deling vil også finnes her, men blir ikke dominerende. Til tross for at DAK er rimeligst, vil de fleste ha god nok økonomi til å prioritere PAK ut fra verdier som uavhengighet og komforten med å kunne reise i sitt eget private rom. Flere reiser vil foretas, ettersom elektrifiseringen gir lavere marginale kostnader for bruk og behovet for å føre kjøretøyet selv faller bort. Dette kan føre til mer spredt bosetting ettersom det vil bli mer akseptabelt med lengre reisetider. I tillegg til flere reiser, vil det også kunne bli en stor økning i antall kjøretøy på vegene fordi man sender bilen hjem eller til en rimelig parkeringsplass før man kaller den tilbake. Dersom et slikt system etableres vil det fort kunne gi behov for ytterligere utbygging av vegar i og rundt byområder for å opprettholde trafikkflyt. Men selv ikke i et slikt scenarie blir alt privat. Rask og effektiv kollektivtransport som allerede er etablert vil opprettholde sin konkurransedyktighet.



Figur 5: Illustrasjon scenarie «sømløs mobilitet» (Bloomberg & McKinsey, 2016)

«Sømløs mobilitet» er et scenarie som synes mest sannsynlig for tett befolkede velstående byer. Som mulige eksempler nevnes Chicago, London og Singapore. I Norge passer Oslo best til disse karakteristikkene. I dette scenariet har man fullt ut det som blitt vanlig å karakterisere som MAAS: Mobility as a service. Dør-til-dør løsninger bestilt ved behov dominerer transportbildet. De reisende har mange miljøvennlige, rimelige og fleksible reisealternativer. Det er stort samvirke mellom privat, delt og offentlig transport. DAK blir dominerende, og PAK utsettes for restriksjoner eller høy vegprising for å få vekk tomkjøringen. Men selv om DAK blir en veldig attraktiv reiseform som erstatter mange bussruter, ser man for seg at kollektivtransporten fortsatt danner ryggraden i systemet. Spesielt skinnetransport over noe lengre distanser i byområder tilbyr en hurtighet som det er vanskelig å se for seg at bil vi kunne konkurrere med. Sykling og gåing vurderes også å ha gode vilkår i dette scenariet, uten at årsaken gis noen nærmere begrunnelse.

I et slikt system kan man forvente at det foretas vesentlig flere reiser, siden mobilitetstjenester både er rimelige og enkelt tilgjengelige. Imidlertid synes det sannsynlig at man ikke får flere kjøretøy, kanskje også færre, siden de deles og får langt større bruksrate.

I spennet mellom disse scenariene, AK dominert av PAK eller DAK, finner man i stor grad forskjellen mellom en vellykket og mindre vellykket overgang til et nytt mobilitetsystem. I det følgende vil vi identifisere noen endringer som følger av scenariene, dersom utviklingen kun i liten grad reguleres av offentlige myndigheter.

5. Endringer som følge av scenariene

Konkurransen med kollektivtransport

Per i dag er det mye som tyder på at bildelingstjenester bidrar til økt bruk av kollektivtransport, sykling og gåing. Det er enklere å kvitte seg med bilen og stort sett benytte gåing, sykling og kollektivtransport i det daglige dersom man vet at man har en bil tilgjengelig i de tilfellene man trenger det. I følge Nenseth, Julsrud og Hald (2012) erstatter en delebil 10–15 privatbiler, og den totale bilbruken reduseres med omtrent en tredjedel.

Bloomberg & McKinsey (2016) ser for seg at på et eller annet tidspunkt på 2020-tallet kan kostnader for pendling ved kollektivtransport og DAK konvergere. Man kan da se for seg at det blir fristende for mange å komme seg fra dør til dør og gå over fra å bruke kollektivtransport til å bruke DAK. Eventuelt kan det bli slik at AK brukes til «first mile» og «last mile» i forbindelse med kollektivreiser. Og at lite brukte kollektivruter erstattes med AK, enten det skjer i regi av privatpersoner eller kollektivselskaper (i siste tilfelle vil det da fortsatt være en form for kollektivtransport, men på forespørsel framfor faste tidspunkter).



Automatisert kollektivtransport testes ut i Greenwich, UK²

Konkurransen med privatbil

Allerede i dag konkurrerer delebiltjenester på kostnad for de som ikke bruker bilen til daglige arbeidsreiser. Dersom satsningen på DAK lykkes vil forskjellen i pris sammenlignet med privatbil kunne minke betydelig for alle grupper av bilister. Likevel kan det tenkes at privatbil fortsatt vil være rimeligere for jobbpendlere ettersom man unngår å betale skatter og fortjeneste til operatører av flåter og teknologiplattformer. Men dersom man ikke «må» til sitte for seg selv i et kjøretøy kan samkjøring bli det rimeligste alternativet. Men selv om en PAK ikke blir konkurransedyktig på pris kan man vurdere det slik at kostnaden veies opp av at hele familien kan bruke den, enten de har førerkort eller ikke.

² <https://www.gateway-project.org.uk/>

DAK kan komme til å erstattede de fleste av dagens forretningsmodeller for bildeling og samkjøring. Dersom man er åpen for å dele en bil med en annen passasjer, blir regnestykket enda mer fordelaktig. Bloomberg & McKinsey (2016) antar at **DAK** vil kunne bli 30–60% rimeligere enn **PAK**, avhengig av hvor mange man er villig til å dele med, og hvor mye man er villig til å ta byrden med flere stopp og mulige «avstikkere» på ruta. Med **DAK** kan man dessuten få tilgang til en rekke ulike typer kjøretøy avhengig av hvilket behov man har på den aktuelle reisen. For eksempel har man kun behov for et lite kjøretøy for å komme seg til IKEA, mens man kan ha behov for et kjøretøy med god lasteplass på returen.

Mer trafikkarbeid og endret arealbruk

Lave reisekostnader, praktisk tilgjengelighet og muligheten for fornuftig bruk av reisetid vil antakelig både føre til at AV tar andeler fra andre transportformer og medfører at flere reiser foretas. Både de to refererte scenariene og all annen litteratur vi har registrert konkluderer med at AK sannsynligvis vil føre til mer reising.

Toleransen for økt reisetid vil kunne øke som følge av at man får brukt tiden til noe fornuftig, som for eksempel arbeid eller hvile. Dette kan føre til at det blir akseptabelt for mange med lengre reisetider, og gi press for byspredning.

I bykjerner vil man kunne få frigjort areal som i dag brukes til parkering. **PAK** vil uten fører finne en parkeringsplass utenfor bykjernen, mens **DAK** i liten grad vil stå stille ettersom kjøretøyet etter utført oppdrag forflytter seg for å betjene neste bestilling.

Det er uvisst om framveksten av AK vil føre til mer trafikkork, til tross for at alle analyser tyder på at det vil gi flere reiser. Her vil det kunne komme teknologiske løsninger som vil diskuteres senere i dokumentet.

I det følgende vil det diskuteres hvorvidt utviklingstrekkene i scenariene utfordrer våre målsettinger for byområder, og mulige tiltak for å påvirke utviklingen i riktig retning.

6. Scenariene og målsettinger for byområder

Dersom man vurderer scenariene «privat autonomi» og «sømløs mobilitet» ut fra noen av dagens sentrale transportpolitiske føringer, synes det åpenbart at «sømløs mobilitet» er nærmest målene, mens en utvikling mot «personlig autonomi» vil bringe oss lengre unna. Begge scenariene vil utfordre nullvekstmålet for biltrafikken i byområdene, men i vesentlig forskjellige grad. Scenariet «privat autonomi» vil åpenbart bringe utviklingen i feil retning, mens det er mindre åpenbart for alternativet «sømløs mobilitet». Til tross for at sistnevnte alternativ antakelig ikke gir flere kjøretøy, vil man kunne få økt trafikk. Men her kan det som tidligere nevnt kunne utvikles teknologiske løsninger som sikrer flyt i vegnettet til tross for økt trafikk. Og da skulle vel en viktig intensjonen bak nullvekstmålet likevel kunne ivaretas.

En annen intensjon bak nullvekstmålet er klimahensyn. I begge scenariene er imidlertid de automatiserte kjøretøyene elektriske, så dette målet er uansett ivaretatt.

Nullvekstmålet er også helsefremmende. Å erstatte privatbil med gåing, sykling og til dels kollektivtransport gir helsegevinster. God tilgang på automatiserte kjøretøy, enten de er private eller delte, vil åpenbart kunne føre til at folk går og sykler mindre.

Fra myndighetssiden blir det derfor viktig å

- 1) komme fram til tiltak bringer utviklingen i retning av sømløs mobilitet framfor privat autonomi,
- 2) utvikle beredskap for hvordan trafikken kan begrenses i en framtid preget av sømløs mobilitet, da det ikke kan tas for gitt at teknologien alene løser dette og
- 3) identifisere tiltak som hindrer at folk er mindre i bevegelse selv om det er tilgang på automatiserte kjøretøy.

Sømløs mobilitet framfor privat autonomi

Alle de tre trendene henimot automatisering, elektrifisering og deling av kjøretøy virker sammen og understøtter hverandre. Alle tre trendene innebærer større fordeler enn ulemper, enten man ser dem hver for seg eller i sammenheng.

Framveksten av AK vil kunne medføre at folk reiser mer, på en mer effektiv måte og rimeligere. Men det er ingen garanti for at det skjer uten samfunnsmessige kostnader – trafikkork og ineffektiv bruk av offentlig rom kan bli konsekvensene om man ikke er forutseende og får implementert de riktige tiltakene

Kombinasjonen av samkjøring, bildeling og satsning på gåing/sykling/kollektivtransport kombinert vil bidra til understøtte et skifte vekk fra eierskap av bil. En undersøkelse gjort for American Public Transport Association viser at desto mer folk benytter seg av deletjenester – bildeling, samkjøring og bysykler – desto mer bruker de kollektivtransport og desto færre har bil (TRB 2016). Det kan derfor synes hensiktsmessig å vurdere om økonomiske rammebetingelser også bør understøtte andre former for deleløsninger enn den tradisjonelle kollektivtransporten. Det synes relevante å vurdere om man ikke bør utvide kollektivbegrepet til å omfatte visse former for deleløsninger, uten at vi her og nå skal trekke opp grensegangene for et utvidet begrep om kollektivtransport.

Selv om det fortsatt er lenge igjen til AK dominerer transporten, ser man allerede at samkjøringsløsninger vokser fram. I konkret vegplanlegging i by kan man vurdere å begynne å planlegge for avstigningssoner for å unngå ineffektiv bruk av offentlig rom og opprettholde trafikkflyt. Allerede i dag kan samkjøring understøttes ved å omgjøre parkeringsplasser til avstigningssoner for samkjørende. Relativt små økninger i det gjennomsnittlige passasjerbelegget i privatbiler kan ha stor betydning for trafikkbildet.

Trafikkflyt

Teknologien «platooning» – at kjøretøy «hefter» seg på hverandre med kort avstand – kan løse problemer med trafikkork. Per i dag synes platooning å ha kommet lengst for tunge kjøretøy som kjører over lengre distanser på motorvei, demonstrasjoner mellom blant annet Sverige og Nederland er gjennomført i 2016³. For motorveier er bildet enklere enn i bygater. Kapasitet i kjørefelt på motorvei er anslått å øke med 500% (Anderson et al. 2016).

Men det synes åpenbart at det vil være større utfordringer med å få dette til å virke i bymiljø, spesielt i en overgangsperiode hvor ikke alle kjøretøy har fått teknologien installert. Kjøretøyene som skal følge hverandre må være kompatible, og når man først har fått heftet seg på et kompatibelt kjøretøy, vil det være unntaket heller enn regelen at man har samme rute over lengre distanser.

For tettere områder synes det mer sannsynlig at AK vil sikre flyt gjennom raskere oppstart ved lyskryss, mindre avstand mellom kjøretøy (Fagnant & Kockelman 2015) og at man generelt unngår dagens ineffektive «start–stopp» mønster, som i hovedsak skyldes menneskelige føreres «overdrevne» bremsing og aksellerasjon, og dermed dårligere trafikkflyt (Anderson et al. 2016). Modellkjøringer (Dresner & Stone 2008) antyder at med 10% AK i bymiljø vil man få 5% mindre kø, med 50% AK vil man få 10% mindre kø og med 90% AK vil man få kun 15% mindre kø. Dedikerte felt for AK kan også være et mulig tiltak. Om kun kjøretøy med kompatibel konnektivitet gis tilgang vil man tidlig kunne få god virkning av mer effektiv trafikkflyt for AK, og mindre press på de øvrige feltene.

Imidlertid er den teknologiske utviklingen her usikker, og det synes risikabelt å ikke ta høyde for at man må ty til trafikkbegrensende tiltak. For å få full effekt av denne typen løsninger må antakelig så godt som alle kjøretøyene ha installert den påkrevde teknologien. Så selv om fullgode teknologiske løsninger utvikles, vil man stå overfor lange overgangsperioder hvor full effekt ikke tas kan ut fordi man er en del av et trafikkbilde med ulike typer kjøretøy. I tillegg er det uklart i hvor stor grad AK baserer seg på vegkantutstyr. Dersom det er vesentlig, vil vi i Norge kunne stå overfor spesifikke utfordringer med vårt vinterklima. Imidlertid har bilindustrien allerede merket seg problemstillingen, og begynt å se på løsninger.⁴

Trafikkbegrensning

Byområder vil antakelig kunne legge til rette for endringene gjennom tilpasninger av eksisterende infrastruktur, og relativt rimelige etterspørselsregulerende tiltak. Statlige inntektskilder i form av drivstoffavgifter vil kunne forsvinne, en problemstilling som er relativt kjent gitt Norges høye elbilandel. Potensialet for inntekter fra vegprising etter dagens ordninger vil bestå, men per i dag er dette inntekter som tilfaller lokale myndigheter.

³ <https://www.eutruckplatooning.com>

⁴ <https://www.2025ad.com/in-the-news/blog/self-driving-cars-in-winter/>

Imidlertid har både nasjonale og lokale myndigheter sammenfallende behov for mer presis vegprising. Et system for presis vegprising ved hjelp av GPS-teknologi etter total bruk vil være i tråd med generelle rettferdighetsprinsipper. Spesielt lokale myndigheter har behov for mer finmaskert differensiering av priser enn dagens bomringer tillater. Dersom PAK blir dominerende vil dette bli desto mer presserende, ettersom graden av passasjerløs kjøring med tilhørende press på infrastrukturen da må forventes å bli stor. Geo-fencing, en IKT-basert sperre mot å kjøre inn i et område, for bestemte kjøretøy eller på bestemte tider, kan også bli en aktuell teknologi.

Folkehelse

Det vil være viktig å fortsatt opprettholde gode muligheter for gåing og sykling. Et finmasket GPS-basert avgiftssystem bør utformes slik at man ikke har insentiver for å velge motoriserte transportalternativer på kortere strekninger, men da med unntak for grupper med spesielle behov. Dersom man ser på helse i en utvidet betydning, er det viktig at AK fremmer og ikke hemmer gode lokalmiljø og møteplasser. Her ligger det et potensial i fjerning av parkeringsplasser, men en risiko for stor trafikkbelastning i PAK-alternativet.

Konklusjon

Bedre mobilitet ved hjelp av AK i byområder kan tilgjengeliggjøre nye områder for bosetting og pendling (enten det er ønskelig eller ikke), gi bedre luftkvalitet, gi bedre tidsbruk for den reisende og gi bedre bruk av byrom gjennom frigjøring av parkeringsplasser. Det vil gjøre stor forskjell om PAK eller DAK blir dominerende for utviklingen

En proaktiv framfor en reaktiv holdning er generelt å foretrekke når man er rimelig trygg på at endringer vil skje, og man bør både utvikle tiltak for å understøtte utviklingen og lage planer for hvordan mulige ulemper kan tas høyde for.

For å understøtte utviklingen bør man identifisere barrierer og lage reguleringer som er i tråd med den teknologiske utviklingen, men i forkant av brukerne. Samtidig må slik regulering utformes med kløkt – for streng regulering på et tidlig tidspunkt kan kvele videre utvikling mot senere faser. Regulering bør derfor utformes i tett samarbeid med bransjen og andre interessenter, med et langsiktig perspektiv.

Norske myndigheter er i gang med å legge til rette for elektrifisering av bilparken og tilhørende infrastruktur, men har foreløpig ikke kommet med noen vesentlige tiltak for å stimulere til bruk av automatiserte kjøretøy og delte kjøretøy. For å være i forkant er det viktig å fortsatt fremme ITS-arbeidet med konnektivitet mellom kjøretøy, infrastruktur og mennesker (ITS), fremme partnerskap mellom offentlige og private aktører, og fremme deleløsninger for transport. Med tanke på langsiktig planlegging er det viktig å få integrert scenarier for en førerløs framtid inn i verktøy for transportmodeller og kost/nytte-estimerer.

Statens Vegvesen har fire hovedmål – framkommelighet, trafikksikkerhet, klima/miljø/helse og universell utforming. Ved god tilrettelegging og forutseende planlegging vil utviklingen henimot automatiserte kjøretøy kunne fremme mer enn å hemme de grunnleggende målene i Statens Vegvesens samfunnsoppdrag.

Vedlegg:

1. Risikofaktorer for videre utvikling
2. Kunnskapskilder – rapporter, nettsider og nyhetsbrev
3. Nærmere beskrivelse av ulike nivåer av automatisering

Referanser

Anderson, J. M., Kalra, N., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., & Olumatola, O. A., 2014. Autonomous vehicle technology. A guide for policymakers.
http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-2.html

Bloomberg & McKinsey, 2016. An integrated perspective on the future of mobility
<https://apps.mckinsey.com/future-of-mobility-initiative/#ourperspective>

Dresner, Kurt, Stone, Peter, 2008. A multiagent approach to autonomous intersection management. J. Artif. Int. Res. 31, 591-656
<https://www.aaai.org/Papers/JAIR/Vol31/JAIR-3117.pdf>

Fagnant, D. J., & Kockelman, K., 2015. "Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations." Transportation Research Part A: Policy and Practice 77: 167-81.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415000804>

Fagnant, D. J., & Kockelman, K., 2015. The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios , Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 40, March 2014.

Litman, T., 2015. Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute
<http://www.vtpi.org/avip.pdf>

Nenseth, V., Julsrud, T.E. & Hald, M. 2012
 Nye kollektive mobilitetsløsninger – bildeling som case. TØI-rapport 1218/2012.
<https://www.toi.no/publikasjoner/nye-kollektive-mobilitetslosninger-bildeling-som-case-article31270-8.html>

SAE 2016a: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.
http://standards.sae.org/j3016_201609/

SAE 2016B: Automated driving
https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf

TRB 2016: Shared mobility and the Transformation of Public Transit
<http://www.trb.org/main/blurbs/174653.aspx>

Vedlegg 1: Risikofaktorer for videre utvikling

Risiko	Bakgrunn	Problem	Mulige løsninger
Markedssvikt	Historien er full av gode ideer som ikke slår gjennom.	Det kan bli for dyrt i tidligfasen til at man får tatt ut nettverkseffekter og gevinster av masseproduksjon	Økonomiske insentiver. Bruksinsentiver. Juridiske løsninger for å begrense produsenters erstatningsansvar samtidig som sikkerhet ivaretas (se nederste punkt)
Feilslått myndighetsregulering	Behov for regulering av kjøretøy og operatører for å ivareta sikkerhet, sikre andre samfunnsmessige gevinster og hindre ulemper	For tidlig regulering kan hindre utviklingen mot delte automatiserte kjøretøy	Utvikling av kompetanse. Involvement av bransje og fagmiljøer. Fokus på framtidige stadier i tillegg til reguleringsbehov på kortere sikt
Ansvar for sikkerhet	Når fører bortfaller må ansvaret legges på andre instanser.	Prising av ansvar for sikkerhet kan drive priser opp og kan hindre vellykket markedsintroduksjon	Mange vellykkede modeller fra andre bransjer, f.eks internasjonal flytrafikk, atomkraft, IKT

Vedlegg 2. Kunnskapskilder – rapporter, nettsider og nyhetsbrev



God analyse av trender. Hovedkilde til notat⁵



Svensk innovasjonsprogram om automatiserte kjøretøy og nye mobilitetsformer. Bra nettside med bred informasjon om hva som rører seg og nyhetsbrev man kan melde seg på.⁶



Drive Me er et program i regi av Volvo med Trafikkverket og Trafikkstyrelsen som partnere. Volvo skal selge biler med automatisert teknologi i 2017. Trafikkverket skal se på nye krav til infrastruktur, trafikkforvaltning og konnektivitet, Trafikkstyrelsen skal se på lovverk.

⁵ Lastes ned nederst her:

<http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/an-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility>

⁶ <http://www.drivesweden.net/>



Autonomous Vehicle Technology

A Guide for Policymakers

James M. Anderson, Nidhi Kalra, Karlyn D. Stanley, Paul Sorensen, Constanline Samaras, Oluwatobi A. Oluwatola

Stor og grundig rapport om problemstillinger for myndigheter ⁷



Nettside og nyhetsbrev, bred tilnærming⁸



Nettside og nyhetsbrev, mest fokus på industri/business⁹



Home » Projects » Newsletter on automated vehicles

Nyhetsbrev, bred tilnærming¹⁰

Vitenskapelige artikler: stort omfang. Gå til <https://scholar.google.no/> søk automated eller autonomous + nærmere søkeord (f.eks «Congestion»)

⁷http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-2.html

⁸ <https://www.2025ad.com/>

⁹ <http://www.driverlesstransportation.com/>

¹⁰ <https://www.viktoria.se/projects/newsletter-on-automated-vehicles>

Vedlegg 3. Nærmere beskrivelse av ulike nivåer av automatisering

SUMMARY OF SAE INTERNATIONAL'S LEVELS OF DRIVING AUTOMATION FOR ON-ROAD VEHICLES

Issued January 2014, SAE International's J3016 provides a common taxonomy and definitions for automated driving in order to simplify communication and facilitate collaboration within technical and policy domains. It defines more than a **dozen key terms**, including those italicized below, and provides **full descriptions and examples** for each level.

The report's **six levels of driving automation** span from *no automation* to *full automation*. A **key distinction** is between level 2, where the *human driver* performs part of the *dynamic driving task*, and level 3, where the *automated driving system* performs the entire *dynamic driving task*.

These levels are **descriptive** rather than normative and **technical** rather than legal. They imply **no particular order** of market introduction. Elements indicate **minimum** rather than maximum system capabilities for each level. A particular vehicle may have multiple driving automation features such that it could operate at **different levels** depending upon the feature(s) that are engaged.

System refers to the driver assistance system, combination of driver assistance systems, or *automated driving system*. **Excluded** are **warning and momentary intervention systems**, which do not automate any part of the *dynamic driving task* on a sustained basis and therefore do not change the *human driver's* role in performing the *dynamic driving task*.

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Copyright © 2014 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed provided SAE International and J3016 are acknowledged as the source and must be reproduced AS-IS.

Key definitions in J3016 include (among others):

Dynamic driving task includes the operational (steering, braking, accelerating, monitoring the vehicle and roadway) and tactical (responding to events, determining when to change lanes, turn, use signals, etc.) aspects of the driving task, but not the strategic (determining destinations and waypoints) aspect of the driving task.

Driving mode is a type of driving scenario with characteristic *dynamic driving task* requirements (e.g., expressway merging, high speed cruising, low speed traffic jam, closed-campus operations, etc.).

Request to Intervene is notification by the *automated driving system* to a *human driver* that s/he should promptly begin or resume performance of the *dynamic driving task*.

Contact: SAE INTERNATIONAL +1.724.776.4841 • Global Ground Vehicle Standards +1.248.273.2455 • Asia+86.21.61577368

P141661



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47) 22073000
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen