

Selvkjørt er velkjørt?

En utforskende studie av automatiserte kjøretøys virkninger på trafiksikkerhet og kø

Jonas Andersen Nordenhaug

Master i veg og jernbane

Innlevert: november 2018

Hovedveileder: Kelly Pitera, IBM

Medveileder: Arek Zielinkiewicz, Statens vegvesen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Forord

Denne oppgaven markere avslutningen på studiet Master i vegteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Studiet er gjennomført som deltidsstudier ved siden av mitt daglige arbeid som vegplanlegger.

Jeg fant tidlig ut at jeg ønsket å skrive om automatiserte kjøretøy, men brukte mange runder og lang tid på å definere oppgaven. Temaet var spennende men jeg visste lite om automatiserte kjøretøy fra før av og valget falt derfor til slutt på en vid oppgave.

Det har tidvis vært krevende å kombinere studier med jobb og familie. Jeg retter derfor en stor takk til kone og barn for tålmodighet de siste ukene.

Videre rettes en stor takk til ulike bidragsytere:

Førsteamanuensis og hovedveileder for oppgaven, Kelly Pitera ved NTNU, for god veiledning underveis i oppgaven.

Biveileder Arek Zielinkiewicz fra Statens vegvesen for hjelp til å utforme oppgaven.

Kollegaer fra Statens vegvesen for diskusjoner og tips underveis, samt min sjef Elin Ødegård for at jeg fikk muligheten til å gjennomføre studiet.

Jonas Nordenhaug

Sammendrag

Konsekvensene av innføring av kommersielle automatiserte kjøretøy er omfattet av usikkerhet. Dette gjelder så vel usikkerhet med hensyn til selve teknologien, som hvilken effekt denne vil ha på trafikk, mobilitet og økonomi.

Det første målet med oppgaven er å gi en oversikt over innholdet i begrepet Automatisk kjøretøy og hvilken innvirkning slike kjøretøy har på trafikksikkerhet og kødannelse. Det ble derfor foretatt en litteraturstudie om disse forholdene.

Det andre målet med studien er å undersøke hvordan disse virkningene slår ut i norsk virkelighet. Funnene i litteraturen ble derfor overført til norske forhold og analysert i tre ulike scenarier, med tre ulike andeler automatiske kjøretøy av den totale kjøretøyflåten.

Det siste målet er å undersøke om innføring av automatiserte kjøretøy kan bidra til å realisere regjeringens nullvisjon for døde og hardt skadde på norske veier.

Resultatene av analysen viser en signifikant virkning både på trafikksikkerhet og køer i Norge. Den laveste raten av Automatiske kjøretøy (10 %) er beregnet til å medføre en reduksjon på 5 dødsfall og 39 alvorlige skader. 100 % automatiserte kjøretøy er beregnet til å medføre en reduksjon på 67 dødsfall og 450 alvorlige ulykker. Selv om automatiserte kjøretøy ikke alene vil kunne realisere nullvisjonen, viser modellen at man kan komme nær det konkrete etappemålet om maksimalt 350 drepte eller hardt skadde i 2030.

De kombinerte kostnadsreduksjonene ved køreduksjon ble beregnet til minimum 4,5 mrd kroner ved lav andel automatiserte kjøretøy og maksimum 60,5 mrd ved full dekning.

Abstract

There are uncertainties concerning consequences of commercially available automated vehicles. These uncertainties apply to the technology itself as well as possible impacts on traffic, mobility and economics. The first goal of this thesis was to give a comprehensive overview of the term automated vehicle as well as insight into the impacts AVs have on traffic safety and congestion. Therefore, there was conducted a literature study about these topics.

The second goal of this thesis was to understand how impacts would apply to Norway. The findings from the literature study was applied to Norwegian conditions and analysed in three different scenarios, with three different automated vehicle shares of the total fleet.

The last goal was to decide whether this could help realize the Norwegian Governments vision of zero deaths or severe injuries on Norwegian roads.

Results show a significant impact on both traffic safety and congestion reduction costs. The lowest share of AVs results in a reduction of 5 deaths and 39 severe injuries. Full share of AVs results in reductions of 67 deaths and 450 severe injuries. Although AVs alone could not realize the goal of zero deaths and severe casualties, the model came close to the interim goal of a total maximum of 350 by the year 2030.

Combined economic cost reductions as a result of congestion and traffic safety impacts were calculated to a minimum of 4,5 billion kroner for low share and a maximum of 60,5 billion kroner for full share.

Innhold

Forord	i
Sammendrag.....	ii
Abstract	iii
Figurliste	1
Tabelliste.....	2
Begrepsliste.....	3
1.0 Innledning.....	4
1.1 Oppgavens tema.....	4
1.2 Oppgavens struktur og metode	5
1.3 Avgrensning.....	6
2.0 Forståelse av begrepet Automatiserte kjøretøy	7
2.1 Begrepsbruk i litteraturen	7
2.2 Status og dagens regelverk.....	12
2.2.1 <i>Dagens teknologi</i>	14
2.2.2 <i>Forventet utvikling av teknologien</i>	16
3.0 Teori - Sentrale virkninger av automatiserte kjøretøy.....	20
3.1 Reisevaner og mobilitet	21
3.2 Trafikksikkerhet	26
3.3 Kjø.....	30
4.0 Metode.....	36
4.1 Metode Trafikksikkerhet.....	36
4.2 Metode kjø	38
5.0 Analyse - Sentrale virkninger av automatiserte kjøretøy i Norge	39
5.1 Trafikksikkerhet.....	39
5.1.1 <i>Ulykker i Norge</i>	39
5.1.2 <i>Scenarioanalyse av ulike bilparkandeler AV</i>	42
5.1.3 <i>Ulykkeskostnader av ulike bilparkandeler av AV</i>	52
5.2 Kjø.....	54
5.2.1 <i>Kjø i Norge</i>	54
5.2.2 <i>Scenarioanalyse av ulike bilparkandeler AV</i>	58
6.0 Diskusjon.....	59
6.1 Forskningsspørsmål 1	59
6.2 Forskningsspørsmål 2	60
6.3 Forskningsspørsmål 3	62

7.0	Konklusjon.....	63
	Kilder	64
	Vedlegg 1. Oppgavetekst	72

Figurliste

Figur 1: Levels of vehicle automation Copyright ©SAE International. Standard J3016. (SAE)	8
Figur 2: Gjennomsnittlig responstid på å reagere eller overta kontroll for ulike varsler (Blanco, Atwood et al. 2015, s. 10)	10
Figur 3: Kommunikasjon mellom ulike teknologikomponenter (SVV 2018)	12
Figur 4: Trendutvikling for søkeordene "Autonomous vehicles" (GoogleTrends 2018)	13
Figur 5: Oversikt over teknologi, tilpasset fra McKinsey&Company (McKinsey&Company 2017)	15
Figur 6: Teknologier sett i sammenheng, (Renesas 2016, s. 1)	16
Figur 7: Estimerte fremtidige salgsandeler, bilparkandeler og kjøretøykilometer for AV (Litman 2017, s. 18)	18
Figur 8: Utvikling av bildeling fra 2006 til 2014 i Europa (13 land) og prognoser til 2020 (Deloitte 2017, s. 4)	22
Figur 9: Mobility as a service (MaaS) (Hietanen)	23
Figur 10: Fire ulike fremtidsbilder for mobilitet (Jordbakke, Salte et al. 2017, s. 18)	24
Figur 11: Simulering av årlige drepte for 10% sikrere AV (Kalra and Groves 2017, s. 25)	27
Figur 12: Kapasitetsøkning ved ulike markedspenetrasjon av CACC (Shladover, Su et al. 2012, s. 66)	33
Figur 13: Påvirkning på forsinkelse og reisetid ved ulike andeler CAV (Atkins)	34
Figur 14: Utvikling i antall drepte og skadde og etappemål for 2030	40
Figur 15: Forventet antall drepte og hardt skadd i 2024 og 2030 ved fire alternativer for bruk av sikkerhetstiltak beregnet av TØI (Elvik and Høye 2018, s.)	41
Figur 16: Oppblåsningsfaktorer fra HEATCO-prosjektet (Thune-Larsen, Veisten et al. 2014, s. 40)	42
Figur 17: Oppblåsningsfaktorer gitt av Samferdselsdepartementet (Thune-Larsen, Veisten et al. 2014, s. 165)	43
Figur 18: Illustrasjon av mulige partskombinasjoner for ulykker ved SC50	44
Figur 19: Utvikling i antall drepte i trafikken fra 2000-2017 samt beregningsteknisk prognose frem til 2030 (Elvik and Høye 2018)	48
Figur 20: Beregnede ulykker med drepte og hardt skadde for SC10, SC50 og SC100	50

Figur 21: Trafikksikkerhetstiltak (Elvik and Høyve 2018)	51
Figur 22: Beregnet ulykker med lettere skadde for SC10, SC50 og SC100	51
Figur 23: TomToms oversikt over kø i Oslo	54
Figur 24: Inrix oversikt over kø i utvalgte byer (Inrix 2017).....	55
Figur 25: Nedre og øvre anslag for økte kø-kostnader i 2030 (Norheim, Ruud et al. 2011, s. 11).....	56
Figur 26: Prosentvis reisetid som tilbringes i kø i de fire største byene (NAF 2013).....	57
Figur 27: Ulykker med drepte og hardt skadde i ulike scenarier uten oppblåsningsfaktor....	62

Tabelliste

Tabell 1: Risikomomenter for AV i trafikk (Litman 2017)	29
Tabell 2: Oversikt over scenarier	36
Tabell 3: Reduksjonsfaktorer i ulykker der AV er involvert.....	45
Tabell 4: Ulykkestyper med oppjustering	46
Tabell 5: Reduksjonsfaktormatrise for SC10, SC50 og SC100 fordelt på ulykkesgrupper	49
Tabell 6: Antall reduserte ulykker for SC10, SC50 og SC100	50
Tabell 7: Ulykkeskostnader i 2017-kroner. Tilpasset fra TØIs rapport 1053C	52
Tabell 8: Ulykkeskostnader for SC10, SC50 og SC100. Realøkonomisk besparelse, velferseffekt og total besparelse	53
Tabell 9: Reduserte køkostnader for 3 ulike bilparkandeler av AV: SC10, SC50 og SC100 ..	58

Begrepsliste

Aktive sikkerhetssystemer: Systemer som bidrar til å forhindre ulykker. Eksempler er automated emergency braking og lane keeping assistance.

AV: Automatiserte eller autonome kjøretøy (Autonomous vehicle)

CACC: Kooperativ adaptiv cruise Control (Cooperative adaptive cruise control). Dynamisk kontroll av hastighet og avstand ved hjelp av utstyr i kjøretøyet og input fra andre kjøretøy i nærheten.

CAV: Oppkoblede automatiserte kjøretøy (Connected and autonomous vehicle)

Oppkoblede kjøretøy (Connected vehicles). Kjøretøy koblet til internett, andre kjøretøy (V2V) eller infrastruktur (V2I/I2V).

Platooning/Konvoikjøring: Kjøretøy løser føreroppgaver i konvoier med korte tidsluker.

Pre-ulykke: Teoretisk situasjon som vil føre til ulykke dersom ikke avvergende teknologi er tilgjengelig i situasjonen.

SAV: Shared autonomous vehicle

Tidsluke: Tid (i sekunder) mellom kjøretøy målt fra front til front (Time headway) / Tid mellom bakenden på bilen foran til fronten på bilen bak (Time gap)

V2V: Vehicle to vehicle

V2I: Vehicle to infrastructure

V2X: Paraplybetegnelse for V2V V2I

1.0 Innledning

Historisk sett har ny teknologi i kjøretøy hatt stor påvirkning på trafiksikkerhet, miljø, fremkommelighet og kjøreatferd, og beveget samfunnet nærmere nullvisjonen; visjonen om at det ikke skal forekomme drepte eller hardt skadde i transportsektoren. Eksempler på teknologier som i en eller annen form har endret trafikkbildet er ABS, sikkerhetsbelte, air bag, hybrid og elbil, navigasjonssystemer og automatgir. Et fellestrekk for de fleste av disse eksemplene er at det har tatt tiår fra teknologien er kommersielt tilgjengelig til større grad av metning i markedet.

I de seneste årene er det blitt forsket på, og utviklet ulike teknologiske, automatiserte løsninger som kan overta tradisjonelle føreroppgaver for ulike kjøretøy. Det er knyttet usikkerhet til når de ulike nivåene av automatisering blir tilgjengelig på markedet, men også til hvilke gevinster og kostnader dette vil medføre. Det er dessuten vanskelig å forutse utskiftningsrate fra førerstyrt til automatiske kjøretøy på den totale bilparken.

Den tidvis utopiske fremstillingen av et samfunn med automatiserte kjøretøy blir omfavnet av noen og latterliggjort som urealistisk av andre. Kanskje er sannhetene et sted imellom. Kanskje vi foreløpig bør sikte oss inn på den gylne middelvei i vår omfavnelse.

1.1 Oppgavens tema

Formålet med denne oppgaven er å gi et helhetlig bilde av begrepet automatiserte kjøretøy og belyse noen sentrale samfunnsmessige virkninger av slike kjøretøy. Mer spesifikt vil det forsøkes å analysere hvilke effekter bruk av automatiserte kjøretøy kan ha for fremtidig utvikling av køene og ulykker. Av særlig interesse i denne sammenheng er å se på om regjeringens visjon om at det ikke skal forekomme drepte eller hardt skadde i transportsektoren kan oppnås med automatiserte kjøretøy.

Oppgavens formål kan oppsummeres med følgende forskningsspørsmål:

- 1) Hva sier litteraturen om virkningene på trafiksikkerhet og kø som følge av en fremtid med automatiserte kjøretøy?
- 2) Hvordan vil disse påvirke det norske samfunnet?
- 3) Kan nullvisjonen oppnås med automatiserte kjøretøy?

I en analyse av denne arten vil det nødvendigvis alltid være mange usikkerhetsfaktorer som spiller inn. Oppgaven baserer seg dessuten i hovedsak på allerede foreliggende studier, med de begrensinger dette legger på materialet. Rammene for oppgaven medfører at det er gjort en del forenklinger og antakelser som medfører en god del usikkerhet i resultatene. Til tross for dette bør oppgaven likevel gi et interessant blikk på mulig framtidssituasjon for norsk trafikk og trafikksikkerhet.

1.2 Oppgavens struktur og metode

Det blir benyttet veldig mange begreper og abbreviasjoner i litteraturen innen tematikken til denne oppgaven. I kapittel 2 gis det en helhetlig forståelse av begrepet «automatiserte kjøretøy» og en kort beskrivelse av status og regelverk i Norge. Det foretas en gjennomgang av innholdet i begrepet og hvordan det defineres i oppgaven. I samme kapittel beskrives dagens tilgjengelige teknologi for slike kjøretøy og forventet videre utvikling.

Kapittel 3 er en studie av hva litteraturen sier om utvalgte sentrale virkninger av automatiserte kjøretøy. Reisevaner og mobilitet innvirker i stor grad på trafikksikkerhet og kø og blir derfor også beskrevet. Temaene som det er valgt å undersøke er reisevaner og mobilitet, trafikksikkerhet og kø.

I kapittel 5 anvendes teorien fra litteraturen på norske forhold ved scenarioanalyser av ulike bilparkandeler av automatiserte kjøretøy. I kapittelet undersøkes mulige ulykkes- og kostnadsreduksjoner som følge av virkninger på trafikksikkerhet, samt en spekulativ undersøkelse av virkningene på køkostnader i Norge. Metoden som er benyttet i analysene er beskrevet i kapittel 4. I kapittel 6 diskuteres resultatene fra scenarioanalysene og oppsummeres til slutt i kapittel 7 i en konklusjon.

Generelt sett er den metoden som er benyttet i oppgaven i hovedsak en studie av eksisterende litteratur om temaet automatiserte kjøretøy internasjonalt og i Norge supplert med egne antakelser og analyser.

Datagrunnlaget som er benyttet i denne oppgaven er hentet fra eksisterende litteratur, både internasjonale og norske publikasjoner, og både analyser og offentlig statistikk. Litteraturen blir benyttet som grunnlag for egne analyser tilpasset norske forhold, og det har ikke blitt innhentet egne grunnlagsdata.

Den største fordel ved å benytte seg av data og analyser som er utført av andre, er at det gir en mulighet for å få en bred forståelse og oversikt over et felt, uten å bruke store ressurser på innhenting av egne data. De mest åpenbare ulempene er at en ikke alltid finner analyser som treffer «midt i blinken» på det en selv ønsker å belyse, og at en i praksis ofte ikke vil ha mulighet til å sjekke kvaliteten på de studiene det refereres til. Dermed er det alltid en viss risiko for at en i eget arbeid gjenbruker svakheter fra andre.

All litteratur som jeg har benyttet til oppgaven, er gjengitt i litteraturoversikten.

1.3 Avgrensning

Transportsektoren påvirker i stor grad store deler av samfunnet vårt. En kan anta at automatiserte kjøretøy kan få virkninger for en rekke ulike aspekter som for eksempel parkering, arealutnyttelse, utforming av veger, drivstofforbruk og miljø og med mulige etiske og rettslige utfordringer. Denne oppgaven omtaler ikke samtlige mulige virkninger av en framtidssituasjon med automatiserte kjøretøy. De virkningene som er beskrevet blir i denne oppgaven ansett som de mest interessante.

Hovedfokuset blir satt på automatiserte kjøretøy i et trafiksikkerhetsperspektiv. I tillegg blir kø beskrevet inngående og reisevaner og mobilitet blir kort omtalt.

2.0 Forståelse av begrepet Automatiserte kjøretøy

2.1 Begrepsbruk i litteraturen

Denne oppgaven omhandler kjøretøy som løser føreroppgaver uten behov for menneskelig innblanding. I litteraturen og nyhetsbildet benyttes en rekke begreper som i mer eller mindre grad refererer til et slikt kjøretøy. Autonome kjøretøy, selvkjørende biler, førerløse biler og automatiserte kjøretøy/biler er noen eksempler. I denne oppgaven blir automatiserte kjøretøy (Automated vehicles [AV]) i hovedsak benyttet.

Anvendelser av begrepene er ofte forvirrende og blir brukt om hverandre. Begrepene er i seg selv misledende. Med autonom forstår vi uavhengig eller selvstyrende, men ordet forteller oss ikke om det henvises til beslutningstaking eller systemet som helhet; automatiserte føreroppgaver kan være avhengig av kommunikasjon eller samarbeid med eksterne enheter (andre kjøretøy, infrastruktur mm.). Begrepet selvkjørende biler forteller oss ikke om det er samtlige eller noen av de dynamiske føreroppgavene som blir utført av kjøretøyet, eller i hvilke situasjoner dette er mulig. I «Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy» (2018) §2 blir for eksempel selvkjørende kjøretøy definert slik:

«Med selvkjørende kjøretøy menes et kjøretøy som er utrustet med et teknisk system som automatisk fører kjøretøyet og som har kontroll over kjøringen. Selvkjørende kjøretøy omfatter kjøretøy der en fører kan overlate kjøringen til det tekniske systemet som automatisk fører kjøretøyet, og kjøretøy som er konstruert for å kjøre uten fører.»

I denne oppgaven legges det ikke stor vekt på språklige detaljer og skillet mellom begrepene er ikke av stor betydning fordi bruken av de uansett ikke er konsekvent eller omforent.

Likevel må oppgavens definisjon av begrepet automatiserte kjøretøy tydeliggjøres. Den innledende definisjonen av AV beskriver kun en overføring av utførelsen av føreroppgaver fra mann til maskin, men mangler en spesifisering av hvilke føreroppgaver som faller inn under begrepet AV benyttet i denne oppgaven. I litteraturen benyttes det ulike systemer for å beskrive nivå av automatisering. SAE International, US National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), Germany Federal Highway Research Institute (BAST) og German Association of the Automotive Industry (VDA) har utarbeidet slike systemer. Disse bygger imidlertid på samme prinsipper og er relativt like. SAE Internationals nivåklassifisering er mest gjengående i litteraturstudiet mitt og vil bli benyttet i denne oppgaven.

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 dynamic driving task 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

Figur 1: Levels of vehicle automation Copyright ©SAE International. Standard J3016. (SAE)

Nivå 0: Ingen automatisering

Den menneskelige føreren har full kontroll over kjøretøyet til enhver tid og utfører alle dynamiske føreroppgaver, selv når aktive sikkerhetssystemer er tilgjengelig. SAE omtaler aktive sikkerhetssystemer som øyeblikks-intervenerende og blir derfor ikke ansett som automatisering av dynamiske føreroppgaver.

Den gjennomsnittlige alderen på personbilparken i Norge var 10.5 år i 2017(SSB 2018) og majoriteten av kjøretøyene vil derfor falle inn under dette nivået.

Nivå 1: Førerstøtte

Kjøretøy kan i visse situasjoner styre eller bremse/akselerere men krever at føreren til enhver tid kan ta over disse oppgavene.

Nivå 2: Delvis automatisering

Kjøretøy kan i visse situasjoner både styre og bremse/akselerere. Som for nivå 0 og 1 er føreren ansvarlig for å overvåke/ta hensyn til kjøreforholdene (trafikk, vær, vegstandard osv.) og kunne ta over føreroppgavene dersom det er nødvendig.

Nivå 3: Betinget automatisering

Kjøretøy kategorisert i dette nivået kan både styre og bremse/akselerere i visse situasjoner, samt ta hensyn til kjøreforholdene. Føreren må imidlertid fortsatt kunne overta føreroppgaver på forespørsel fra systemet.

Googles self driving car faller inn under denne kategorien (ikke kommersielt tilgjengelig) (Mckinsey&Company 2016).

Nivå 4: Høy grad av automatisering

Som for nivå 3 kan kjøretøyet både styre og bremse/akselerere og ta hensyn til miljøet den opererer i, men det kreves ikke at fører kan overta føreroppgaver på forespørsel fra systemet. Dersom fører ikke overtar føreroppgaver på forespørsel iverksettes en protokoll for å avbryte reisen på en sikker måte. I visse situasjoner, for eksempel ekstremvær, er det nødvendig at føreroppgavene utføres av føreren selv.

Nivå 5: Full automatisering

Kjøretøyet kan utføre alle kjøreeoppgaver i alle situasjoner og under alle forhold. Føreren må kun oppgi en lovlig destinasjon.

(International 2016)

I SAEs klassifisering er skillet mellom nivåene 0-2 og 3-5 sentralt (med henholdsvis blå og grønn fargekode). Nivåene med størst grad av automatisering omfatter systemets evne til å behandle informasjon fra omgivelsene og kjøreforholdene og utføre riktig handling basert på denne informasjonen.

Det er imidlertid potensielle utfordringer med for få menneskelige føreroppgaver ved delvis og betinget automatisering. Særlig for nivå 3 kan dette innebære en risiko fordi økt grad av automatisering medfører at den menneskelige føreren ikke må overvåke vegen i like stor grad og dermed ikke er beredt på å intervensere når nødvendig. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) har utarbeidet en egen veileder for utvikling av systemer på nivå 2 og 3 som tar hensyn til denne menneskelige komponenten (Campbell, Graving et al. 2018). Veilederen adresserer og gir råd om overgangen fra automatiserte til menneskelig føreroppgaver med tilhørende varslingsstrategier. I tillegg gir den veiledning om type informasjonsformidling fra kjøretøyet som fremprovoserer nødvendig menneskelig overvåkning av trafikksituasjonen. Rapporten understreker at for få føreroppgaver i enkelte tilfeller medfører at varslinger om at føreren må overta ikke oppdages (føreren gjør andre ting som å lese, spise eller til og med sove), og at manglende fokus øker proporsjonalt med automatisering.

Table ES-1. Mean Times for Responses to Different Alerts and Prompts (units: seconds)

Dependent Variable	Experiment 1 – Level 2		Experiment 2 – Level 2				Experiment 3 – Level 3		
	Imminent Multimodal	Staged Multimodal	Lane Drift with Alert	Lane Drift without Alert	2-sec Prompt ^b	7-sec Prompt ^b	Staged	Imminent –No External Threat	Imminent –External Threat
Time to React	0.7	0.6	1.0	3.6	2.7	2.9	-38.8 ^c 1.2 ^d	0.7	0.7
Time to Regain Control	1.3	1.4	2.4	5.7 ^a	12.1 ^b (n=6)	32.3 ^b (n=6)	-23.0 ^c 17.0 ^d	2.3	2.1
Method to Regain Control	Steering Wheel	Steering Wheel	Steering Wheel	Steering Wheel	Steering Wheel ^b	Steering Wheel ^b	Off-Button (Steering Wheel)	Brake	Brake
Time to Release Control	2.4	4.6	3.3	4.2	2.9 ^b (n=6)	2.7 ^b (n=6)	1.4	1.8	2.7

^a Not all operators were able to regain control; this value only includes those that were able to do so for the event.

^b Not all operators had to regain control; only the last phase of the prompt required the operator to regain control.

^c Time calculated relative to the point in time when the Imminent alert would have been presented.

^d Time calculated from the point in time when the informational phase of the Staged alert began.

Figur 2: Gjennomsnittlig responstid på å reagere eller overta kontroll for ulike varsler (Blanco, Atwood et al. 2015, s. 10)

I en studie av kjøretøy med nivå 2 og 3 automatisering i blandet trafikk på en kontrollert bane ble nettopp manglende respons på varslinger avdekket (Blanco, Atwood et al. 2015). Figur 2 viser funnene av reaksjonstider for nivå 2 og 3.

Den gjennomsnittlige tiden det tok for å overta kontrollen på en generell forespørsel fra et nivå 3 kjøretøy var hele 17 sekunder, men til gjengjeld kun 2.3 sekunder ved et farevarsel (visuelt ved rød farge). Denne reaksjonstiden er definert som tiden det tar fra et varsel til føreren forsøker å overta kontrollen ved rattet. Til sammenligning er reaksjonstiden i Statens vegvesens normaler satt til 2 sekunder (forutsettes at 85% reagerer raskere), men inkluderer å oppfatte situasjonen, vurdere den og fatte beslutning (Vegdirektoratet 2014).

Som nevnt innledningsvis er det ikke entydig begrepsbruk hverken i media eller litteraturen. Om de ulike begrepene omfatter at kjøretøyet har oppkobling mot annen infrastruktur eller andre kjøretøy varierer gjerne og er et eksempel på at det ikke er omforent forståelse av innholdet. Kjøretøy som benytter seg av kommunikasjon med annen infrastruktur benevnes V2I (Vehicle to infrastructure) og kjøretøyteknologi som er avhengig av kommunikasjon med andre kjøretøy for å utføre de automatiserte føreroppgavene kalles V2V (Vehicle to Vehicle). V2X (vehicle to everything) eller C-V2X (cellular vehicle to everything) benyttes gjerne som paraplybetegnelse for disse i tillegg til kommunikasjon med fotgjengere (vehicle to pedestrians – V2P), V2D (vehicle to device), og V2N (vehicle to network). Anvendelsen av disse teknologiene i transportsektoren omtaler vi gjerne som Samvirkende ITS (C-ITS, kooperativ ITS) og kjøretøyene som oppkoblede (CAV) (Papathanassiou and Khoryaev 2016, McLellan 2018, Vegvesen 2018). Denne typen informasjonsutveksling er illustrert i figuren under.



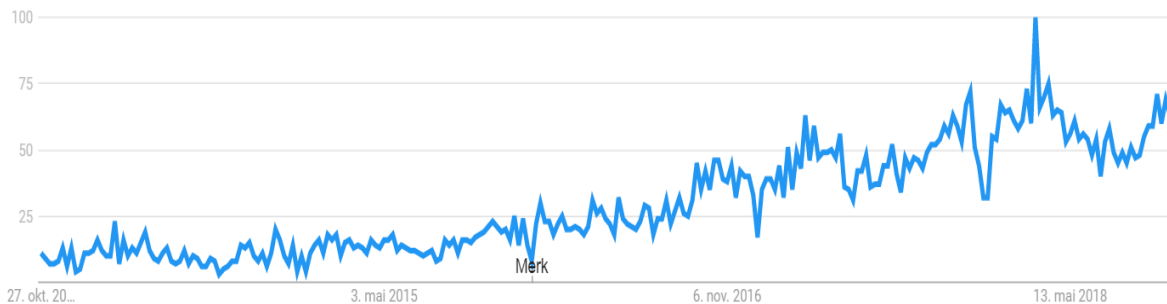
Kommunikasjon mellom ulike teknologikomponenter knyttes sammen i en skyløsning. Illustrasjon: Statens vegvesen

Figur 3: Kommunikasjon mellom ulike teknologikomponenter (SVV 2018)

Videre i oppgaven er det nivåene 4 og 5 i SAEs klassifisering det refereres til nå jeg benytter meg av begrepet automatiserte kjøretøy (AV), helt uavhengig av om kjøretøyet er oppkoblet eller hvilken teknologi som blir benyttet dersom dette ikke er spesifisert. Nivå 3 blir i denne oppgaven utelatt på bakgrunn av mulige sikkerhetsutfordringer.

2.2 Status og dagens regelverk

Interessen for automatiserte kjøretøy har økt i takt med teknologiske fremskritt; media skriver stadig saker om temaet og et søk på «selvkjørende biler» gir nå i underkant av 200 000 treff på søkemotoren Google. Googles trendanalyseverktøy viser omtrent 600% økning på søkeordene «autonomous vehicle» på verdensbasis de siste fem årene.



Figur 4: Trendutvikling for søkeordene "Autonomous vehicles" (GoogleTrends 2018)

Myndigheter har begynt å planlegge og ta høyde for mulige endring på vegger. I 2015 gjennomføre National League of Cities (DuPuis, Martin et al. 2015) en undersøkelse av regionale planer og byplaner i USAs 50 største byer samt de største byene i hver stat. Denne viste at 6% av planene tok høyde for automatisert kjøring. I 2017 ble en tilsvarende undersøkelse gjennomført som viste en sterk økning, der 61% av de ulike planansvarlige organisasjonene omtalte automatiserte kjøretøy i en av transportplanene sine (Cottam 2018).

I Samferdselsdepartementets FoU-strategi for 2016-2025 kan en lese at «Regjeringen ønsker å øke takten i bruken av ITS i transportsektoren. Det legges til grunn at ITS inngår som et viktig tema i Transport 2025...» (Samferdselsdepartement 2016, s. 23), og at Transport 2025 forventes å være navet i den nasjonale satsningen innenfor transportfeltet.

Transport 2025 er Norges forskningsråd strategiske satsning på forskning og innovasjon og trekker frem selvkjørt biler og ny teknologi, med tilhørende sikkerhetsutfordringer, som en av transportsektorens utfordringer (Forskningsådet 2017). Videre settes ny teknologi og verdiskapning i sammenheng.

Med mål om at endringene skal bidra til økt verdiskaping og nye løsninger som gir et sikkert, effektivt og bærekraftig transportsystem, er det behov for utvikling og testing av nye teknologier og løsninger som kan komme raskt til anvendelse innenfor transportsektoren (Forskningsådet 2017, s. 8).

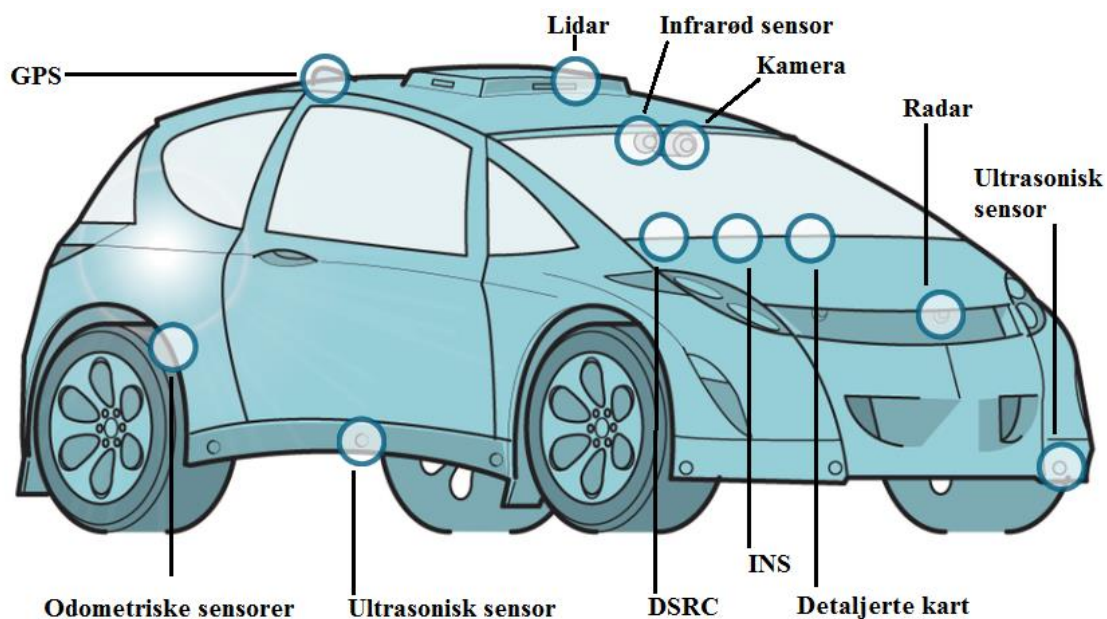
I følge Norges forskningsråd er Norge allerede godt etablert som testarena for ny transportteknologi. «Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy» ble vedtatt i 2017 og gir i praksis rett til nivå 5 kjøretøy på norske veier så lenge tiltak som er nødvendige for å forebygge og hindre at kjøretøyet forårsaker skade på liv, helse, miljø eller eiendom blir gjennomført (Samferdselsdepartementet 2018).

Det som for noen år siden kunne virke som et urealistisk fremtidsbilde blir nå ansett som en reell mulighet. En reel mulighet for å høste gevinster for kommersielle aktører, men også for privatpersoner og myndigheter. Teknologien, anvendelse av denne og myndighetsregulering vil forme transportsektoren og kan tenkes å gi betydelige synergieffekter. Økonomisk incitament i form av gevinst, men også trusler mot eksisterende forretningsmodeller, medfører at det naturlig nok er bilprodusenter og teknologibedrifter som så langt har diktert utviklingen.

Hvordan samfunnet innretter seg, herunder lovgivning og regulering, mot en eventuell fremtid med høy grad av automatisert kjøring vil være med på avgjøre når og hvordan teknologien utnyttes.

2.2.1 Dagens teknologi

Dagens teknologi som kan anvendes til automatiserte kjøretøy blir kortfattet beskrevet i dette kapittelet og illustrert i figur 5.



Figur 5: Oversikt over teknologi, tilpasset fra McKinsey&Company (McKinsey&Company 2017)

GPS

Global Positioning System benyttes for å triangulerer kjøretøyets posisjon ved hjelp av satellitter. Nøyaktighet innenfor noen meter eller mindre.

Lidar

Light detection and radar (Lidar) beregner avstand ved å sende ut infrarøde laserstråler og måler tid det tar for reflektert stråle å vende tilbake.

Infrarød sensor

Benyttes for å oppdage oppmerking, fotgjengere og syklister ved dårlige lysforhold eller andre ved situasjoner der disse ikke oppdages av andre sensorer.

Kamera

Kamerateknologi er billig, men krever komplekse algoritmer for å fortolke innsamlet data riktig.

Radar

Radio Detection and Ranging er en sensor som benyttes seg av radiobølger for å beregne avstanden mellom objekter og sensoren.

Ultrasonisk sensor

Ultrasonisk sensor har lav oppløsning og benyttes først og fremst på korte distanser til for eksempel parkeringassistent.

INS

Inertial Navigation System benytter seg av akselerometer og gyroskoper for å beregne kjøretøyets hastighet, posisjon og retning. Brukes i kombinasjon med for eksempel GPS.

DSRC

Dedicated short-range communication benyttes til V2X-systemer for å sende og motta informasjon med infrastruktur og andre kjøretøy.

De ulike teknologiene har altså ulike bruksområder, men kombinasjoner av disse kan sammen utføre den nødvendige automatiseringen. I figur 6 er teknologienes utstrekning illustrert og satt i sammenheng med enkelte førerstøttesystemer.

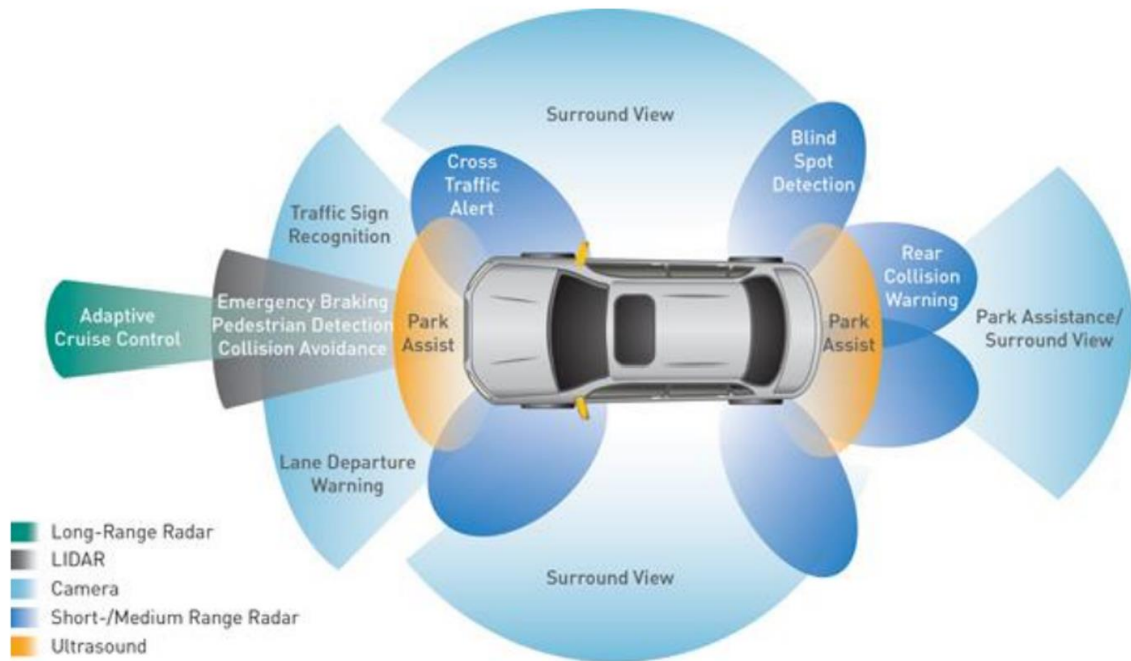


Figure 1. Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) encompass a growing list of safety features

Figur 6: Teknologier sett i sammenheng, (Renesas 2016, s. 1)

2.2.2 Forventet utvikling av teknologien

Ulike bilprodusenter og utviklere av assistert kjøretøyteknologi har forskjellige visjoner og meninger om hvilken teknologi som er nødvendig for å oppnå automatisert kjøring på nivå 4-5. Kostnader for ulike teknologiske anretninger vil være førende for hvilke teknologier som blir benyttet. Lidar blir av de fleste ansett som en nødvendig teknologi for å realisere automatiserte kjøretøy – og flere bilprodusenter benytter seg av teknologien i konseptbiler eller investerer i selskaper som utvikler teknologien (Hawkins 2018, Jones 2018). Tesla ved Elon Musk er en av få aktører som mener Lidar ikke er fremtiden og at den er for dyr og en krykke for automatiserte kjøretøy:

“In my view, it’s a crutch that will drive companies to a local maximum that they will find very hard to get out of,” Perhaps I am wrong, and I will look like a fool. But I am quite certain that I am not.” (Hawkins 2018)

Googles prototyper har benyttet seg av en Lidar som koster omtrent 75 000 dollar (Kerr 2017). Videreutvikling og optimalisering av teknologi skjer imidlertid raskt og det finnes nå langt enklere og billigere alternativer tilgjengelig. Det er uansett naturlig å anta merkostnader for biler med ny teknologi i en tidligfase (Fagnant and Kockelman 2015) og de fleste bilprodusenter anser en kombinasjon av kamera, radar og Lidar som nødvendig (Rudolph and Voelzke 2017). Dersom automatiserte kjøretøy skal få en stor markedsandel må derfor merkostnadene holdes så lave som mulig. Om dette innebærer utelukkning av Lidar, utvikling av kamerateknologi eller utvikling av helt ny teknologi gjenstår å se.

Maskinvarekapasitet som er nødvendig for å kjøre ny programvare er allerede tilgjengelig eller antas utviklet i nær fremtid – det er programvaren som er flaskehalsen (Heineke, Kampshoff et al. 2017). Arbib og Seba (2017) kommer til samme konklusjon, men trekker frem utviklingen av programvare og dyp læring (deep learning) den siste tiden som størst bidragsyter til automatiserte kjøretøy.

A huge advantage of software is that anything that any vehicle learns, it can upload and share with every other vehicle on that network. If a single Tesla vehicle learns to avoid hitting a cow in Christchurch, New Zealand, it can upload that to the Tesla cloud and share it with every other Tesla vehicle worldwide. Overnight, all Tesla vehicles will know how to avoid hitting a cow. The more Tesla cars on the road, the more learning and sharing happens, and pretty soon a Tesla car in Christchurch will know how to drive in the snow because it learned it from a Tesla in Oslo Arbib and Seba (2017, s. 62).

Det finnes ulike anslag for når automatiserte kjøretøy på nivå 4 eller 5 blir kommersielt tilgjengelig på markedet. Begg (2014) viser til at US Institute of Electrical and Electronics Engineers anslår at 75% av alle kjøretøy vil være automatiserte i 2040. Basert på dagens teknologi og utviklingens takt mente McKinsey&Co (2016) i 2016 at det på midten av 2020-tallet ville være kommersielt tilgjengelig fullt automatiserte kjøretøy. Litman (2017) anslår det samme men setter dette i sammenheng med salgsvolum, bilparkandel og utført kjøretøykilometer. Anslagene er vist i figur 7 og er beregnet ut fra markedets tidligere erfaring

med utrulling av ny kjøretøyteknologi. Denne viser at det antas at kun 50-80 prosent av kjøretøykilometere vil bli utført av AV om mer enn 30 år.

Exhibit 12 Autonomous Vehicle Implementation Projections

Stage	Decade	Vehicle Sales	Veh. Fleet	Veh. Travel
Available with large price premium	2020s	2-5%	1-2%	1-4%
Available with moderate price premium	2030s	20-40%	10-20%	10-30%
Available with minimal price premium	2040s	40-60%	20-40%	30-50%
Standard feature included on most new vehicles	2050s	80-100%	40-60%	50-80%
Saturation (everybody who wants it has it)	2060s	?	?	?
Required for all new and operating vehicles	???	100%	100%	100%

Autonomous vehicle implementation will probably take several decades.

Figur 7: Estimerte fremtidige salgsandeler, bilparkandeler og kjøretøykilometer for AV (Litman 2017, s. 18)

Det er imidlertid ikke sikkert tidligere erfaringer med utrulling av ny teknologi er en predikativ indikator. Det kan argumenteres at det teknologiske sammenligningsgrunnlaget for denne logikken har hatt begrensede fordeler for kjøpere; det er vanskelig for en forbruker å kvantifisere en økonomisk fordel i kroner og øre av air bag for eksempel. Når en vet at det er liten sannsynlighet for at en havner i en ulykke der en har behov for teknologien kan det virke fornuftig for de fleste å ikke betale en merkostnad for den.

Hars (2016) bruker denne argumentasjonen og viser til at andre fordeler i tillegg til økt trafiksikkerhet vil fremskynde diffusjonen av automatiserte kjøretøy i bilparken. Han argumenterer videre for at enklere kvantifiserbare verdier for privatpersoner vil oppveie og overskride merkostnader for teknologien: Tid som kan benyttes til andre formål og lavere forsikringskostnader. (Kockelman 2017) beregnet besparelser på grunn av økt produktivitet og fritid til \$1,357 årlig per fører i USA. Ved å tillegge besparelser på grunn av trafikk og kjø og trekke fra estimerte kostnader for kommunikasjon- og automatiseringsteknologi, ble en netto nåverdi per kjøretøy beregnet. For 10% markedspenetrasjon var NNV \$13,960 per kjøretøy og for 90% markedspenetrasjon var NNV hele \$27,000. I tillegg vil kommersielle aktører som automatiserte drosjer få lavere kostnader og myndigheter ha interesse av å fremskynde prosessen på grunn av lavere transportkostnader for mennesker og varer (Hars 2016).

I en undersøkelse av folks holdning til automatiserte kjøretøy vises det til stor skepsis til å ta disse i bruk (Schoettle and Sivak 2014). Undersøkelsen viser at majoriteten av respondentene er skeptiske til sikkerheten og reliabiliteten til slike kjøretøy i bruk. Dersom blant annet også

tar hensyn til krav om lange testperioder og strenge krav til dokumentasjon av sikkerhet blir det mange variabler som kan ha påvirkning på adopsjon av teknologien. Det kan sies at nødvendig tilgjengelig teknologi ikke virker å være uoppnåelig i nærmeste fremtid, men at det, kanskje ikke overraskende, er vanskelig å forutsi når nivå 4-5 kjøretøy blir allemannseie.

3.0 Teori - Sentrale virkninger av automatiserte kjøretøy

Automatiserte kjøretøy som en del av hverdagen vår vil ha en omveltende effekt på samfunnet. Hvilke virkninger en slik omvelting vil ha – og når vi opplever disse virkningene – vil være avhengig av en rekke faktorer. International Transport Forum modellerte i 2016 Lisboa by og kjørte simuleringer for å se på virkninger av delte flåter av automatiserte kjøretøy. Funnene oppsummerer godt, om enn ikke alle, mulige store positive effekter av automatiserte kjøretøy og er gjengitt i sin helhet nedenfor.

“Congestion disappeared, traffic emissions were reduced by one third, and 95% less space was required for public parking in our model city served by Shared Taxis and Taxi-Buses. The car fleet needed would be only 3% in size of the today's fleet. Although each car would be running almost ten times more kilometres than currently, total vehicle-kilometres would be 37% less even during peak hours. The much longer distances travelled imply shorter life cycles for the shared vehicles. This enables faster uptake of newer, cleaner technologies and contributes to more rapid reduction of CO2 emissions from urban mobility.

Citizens gain in many different ways. They no longer need to factor in congestion. Almost all of their trips are direct, without need for transfers. Mobility is much cheaper thanks to the highly efficient use of capacity; prices for journeys in the city could be 50% or less of today even without subsidy. Huge amounts of space previously dedicated to parking can be converted to uses that increase liveability, from public parks to broader sidewalks, and more and better bicycle lanes. Particularly striking is how a shared mobility system improves access and social inclusion. In the simulation, inequalities in access to jobs, schools or health services across the city virtually disappeared.” (OECD/ITF 2016, s. 8)

Simuleringene tok utgangspunkt i at samtlige turer i byen ble utført av delte kjøretøyflåter og påpekte utfordringene med overgangsfasen til et slikt fremtidsbilde. Automatiserte kjøretøy har potensialet til å endre transportsystemet i svært stor grad, med tilhørende mulige positive konsekvenser, men også negative. I dette kapittelet undersøkes mulige effekter på reisevaner, mobilitet, kø og trafikksikkerhet.

3.1 Reisevaner og mobilitet

Vi vet fra Nasjonal Reisevaneundersøkelse (RVU) at transportsystemets karakter avgjør reisevaner for Norges befolkning. Det er for eksempel sammenheng mellom valg av transporttype og lengde på reisen som skal foretas og sammenheng mellom kollektivtilbud og kollektivreiser.

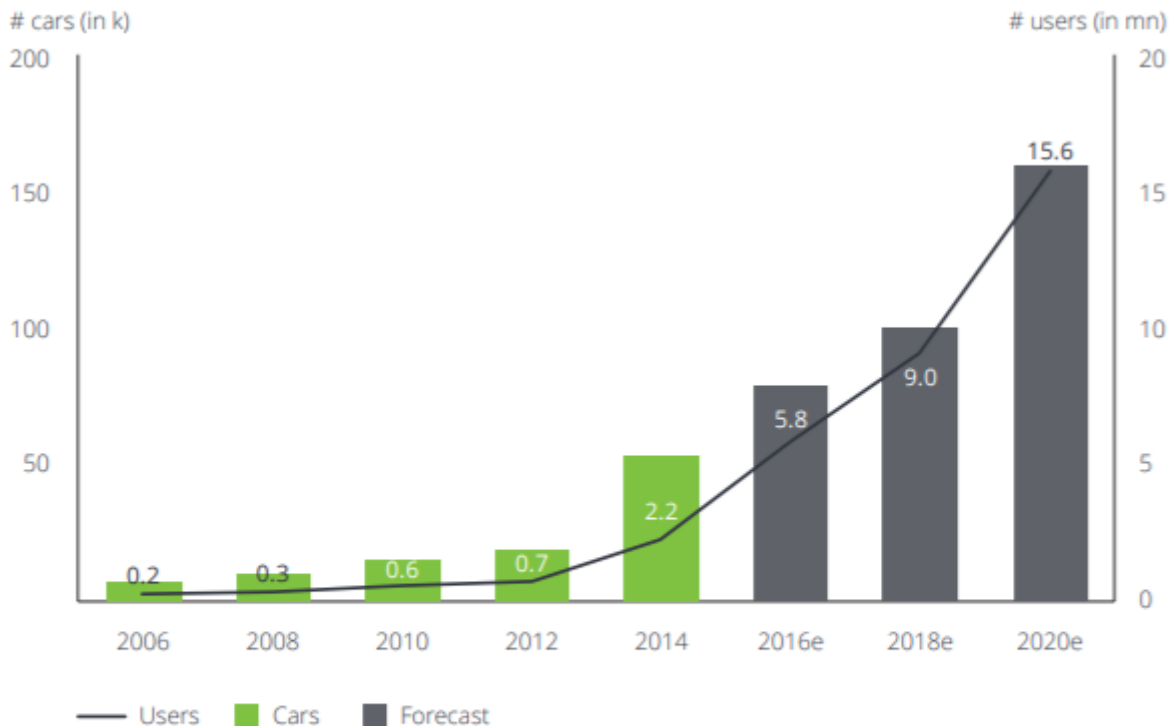
Det har vært gjennomført syv nasjonale reisevaneundersøkelser der første ble gjennomført i 2009 og den nyeste ble gjennomført i 2013/2014. Formålet med undersøkelsen er å kartlegge befolkningens reiseaktivitet og reisemønster (TØI 2014). Disse er altså i konstant endring og brukes blant annet til nasjonal og regional transportplanlegging – det vil si en fremtidig situasjon. Sentrale deler av undersøkelsen er tilgang på transportmidler (herunder kollektivt, sykkel, mm.) og bruken av disse. Tilgang, bruk og pris henger sammen. Det følger av RVU, mens det kan også forstås intuitivt at prisen på et gode og etterspørsel etter samme gode henger sammen. Ulike studier viser at billigere og økt tilgang til transport på grunn av AV vil føre til økt transport, og at delte kjøretøy (shared autonomous vehicles – SAV) er en avgjørende faktor for vellykket innføring av teknologien (Sivak and Schoettle 2015, Litman 2017, Fagnant and Kockelman 2018).

I dag finnes det flere ulike aktører som tilbyr bildeling i en eller annen form. Det er mulig for private bileiere å leie ut bilen sin på daglig basis eller for lengre perioder gjennom tjenester som Nabobil og Hyre. Via tjenester som GoMore er det mulig å tilby skyss og koordinere samkjøring, mens MoveAbout tilbyr timesbasert leie av elbiler. Deleøkonomiens økonomiske modell der tilgang og tilbud er viktigere enn privat eierskap, faste kostnader kan fordeles og der overkapasitet tilgjengeliggjort i markedet, har blitt en velkjent mobilitetsløsning gjennom blant annet Uber. Bilkollektivet og Hertz BilPool er andre eksempler på at eierform og reisevaner har vært og er i endring.

Selv om det er relativt mange aktører som opererer i det norske markedet er bildeling fortsatt et marginalt fenomen. Likevel har veksten vært stor de siste årene og særlig i bruker-til-bruker segmentet (Peer-to-peer, P2P), det vil si personlig bildeling. Motstykket til P2P for privatpersoner er bedrift-til-bruker (business-to-consumer, B2C) – det vil si deling utnyttet ved hjelp av bilflåter gjennom et medlemsbasert program. Bedrift-til-bedrift (business-to-business, B2B) dekker bedriftsmarkedet (Langeland and Julsrud 2018).

I følge Deloitte var det 2,2 millioner brukere av bildelingstjenester for et knippe land i Europa i 2014. Figur 8 viser estimerte brukere til og med 2020 og viser en bratt vekst.

Fig. 3 – Car sharing market development for Europe* (2006–2020):



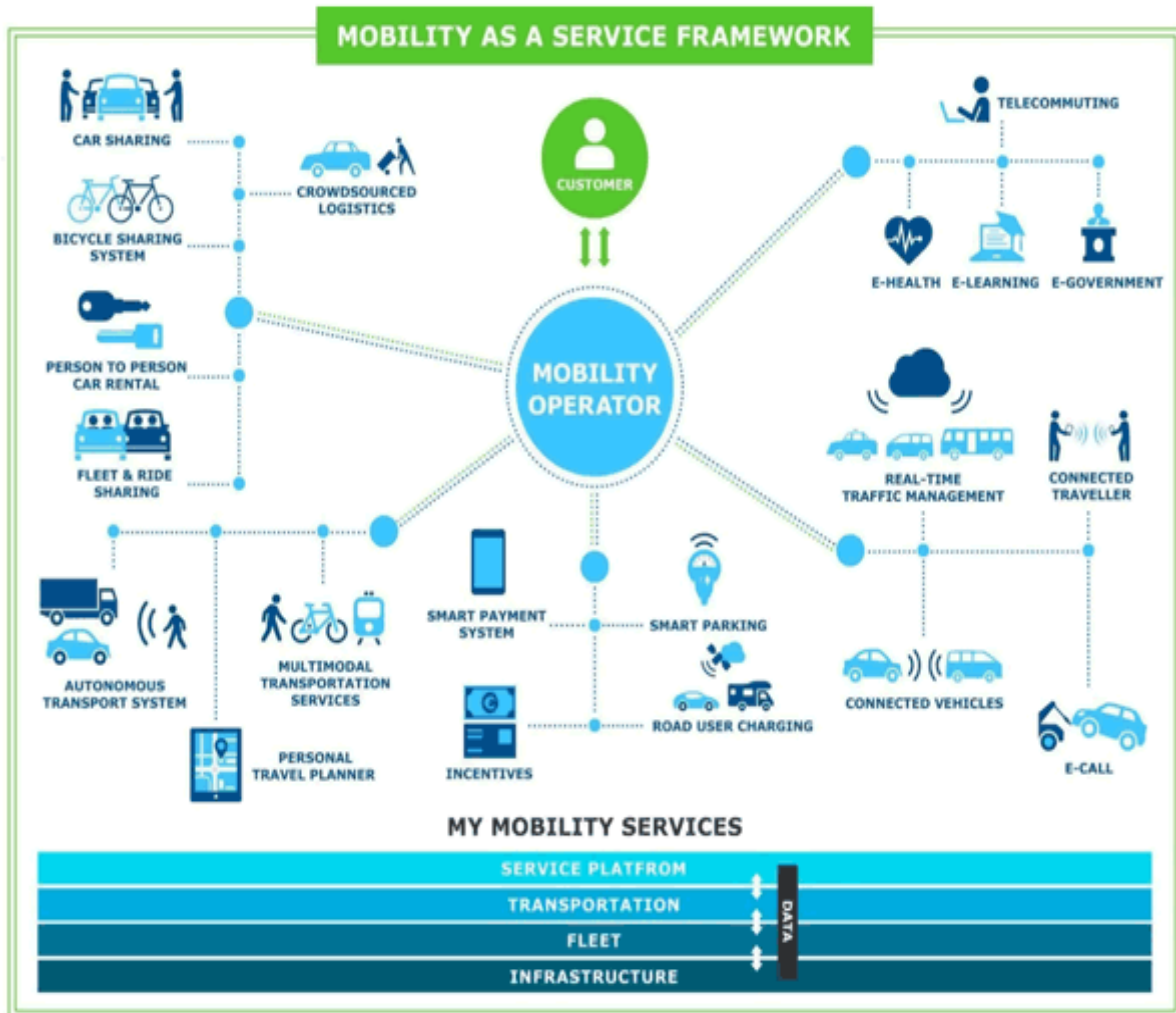
*Countries in Europe: Germany, UK, France, Italy, Switzerland, Austria, Netherlands, Sweden, Spain, Belgium, Norway, Denmark, Sweden
Sources: Monitor Deloitte analysis, based on Bundesverband CarSharing, Carsharing Association (CSA), The European Automobile Manufacturers' Association (ACEA), CU Berkeley, Frost & Sullivan

Figur 8: Utvikling av bildeling fra 2006 til 2014 i Europa (13 land) og prognoser til 2020 (Deloitte 2017, s. 4)

I Nasjonal transportplan for 2018-2029 sies det at «et mer fleksibelt og etterspørselsbasert kollektivtilbud vil kunne samordnes med samkjørings- og bildelingsløsninger» (Samferdselsdepartement 2017, s. 149). En slik samordning er sentral i begrepet som ofte benyttes i sammenheng med automatiserte kjøretøy og kan beskrives slik:

«Her kan man abonnere på en integrert mobilitetsløsning som omfatter flere transporttjenester som kollektivtrafikk, taxi, delebiler og bysykler. I en slik ordning integreres ulike transportmidler i en felles informasjons-, formidlings- og betalingspakke via en app. Kundene taster inn når og hvor de vil reise, resten ordner appen. Visjonen bak mobilitet som en tjeneste er å lage en sømløs mobilitetstjeneste

som er tilpasset den enkeltes behov». (Langeland and Julsrud 2018). En slik løsning er illustrert i figur 9 og viser også blant annet automatiserte kjøretøy og oppkoblede kjøretøy integrert.

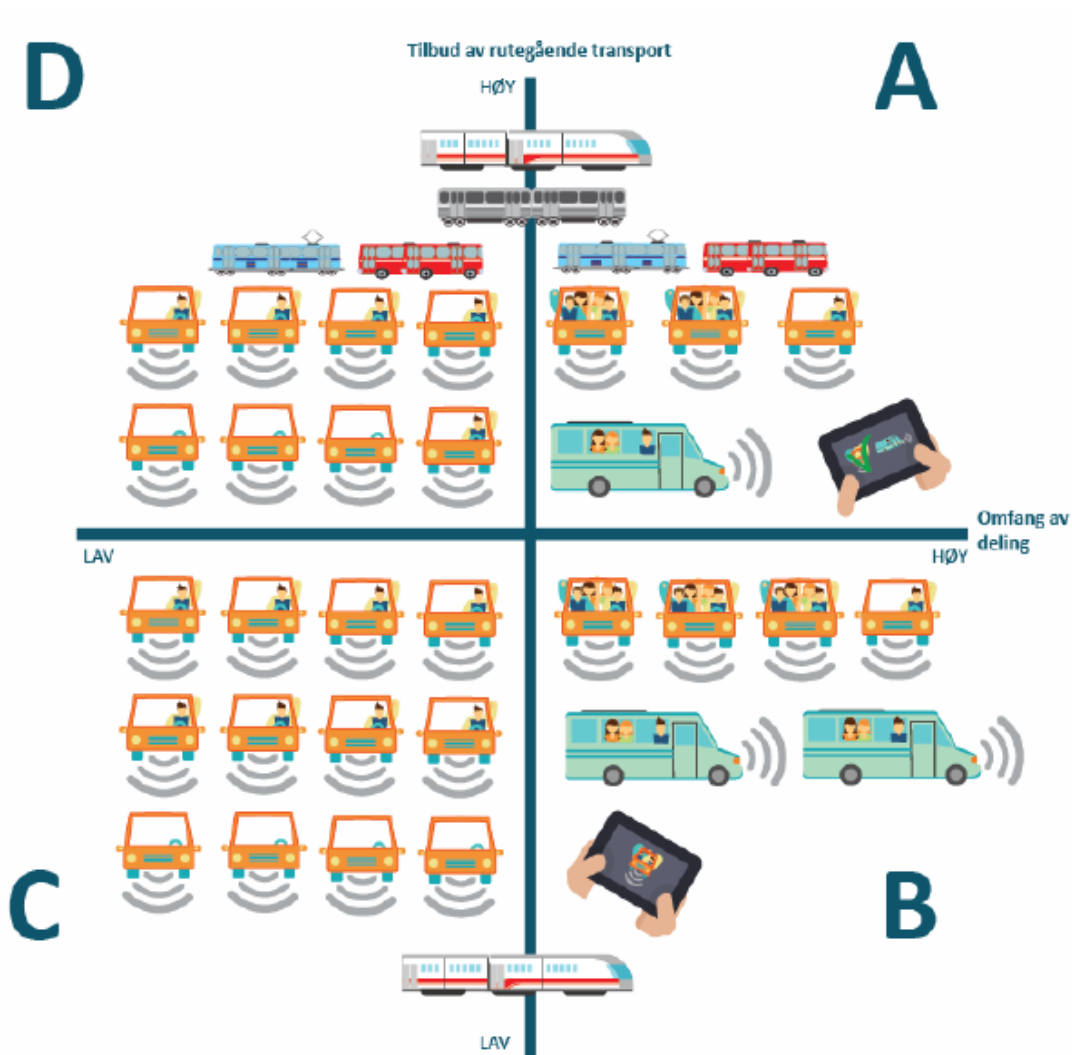


Figur 9: Mobility as a service (MaaS) (Hietanen)

I Ruters handlingsprogram for 2017-2020 beskrives en helhetlig mobilitetsløsning der gange, sykkel og kollektivtransport kan kombineres med gode bildelingstjenester (Ruter 2017) og er et annet eksempel på at slike løsninger anses som interessante for Norge i fremtiden.

På oppdrag for Ruter AS ble det i 2017 også utarbeidet en «scenarioanalyse av selvkjørende kjøretøys betydning for mobilitet i Oslo og Akershus» (Jordbakke, Salte et al. 2017). I rapporten beskrives 4 ulike fremtidsbilder med utgangspunkt i to dimensjoner: Tilbud av rutegående transport og omfang av deling. De ulike scenarioene er vist i figur 10. Det er

forutsatt samtlige kjøretøy som automatiserte, med mulighet for å kjøre uten personer om bord.



Figur 10: Fire ulike fremtidsbilder for mobilitet (Jordbakke, Salte et al. 2017, s. 18)

- A: Høyt omfang av deling og høyt tilbud av rutegående transport
- B: Høyt omfang av deling og lavt tilbud av rutegående transport
- C: Lavt omfang av deling og lavt tilbud av rutegående transport
- D: Lavt omfang av deling og høyt tilbud av rutegående transport

Virkningene av de ulike scenarioene er vurdert etter konsekvensene for trafikantene (herunder nytte- og helsevirkninger), transportsystemets funksjonalitet og offentlig ressursbruk, og arealbruk. Noen av hovedfunnene er at scenario C, som blir hevdet et mulig resultat av markedsstyrt utvikling, kan gi betydelige utfordringer med trengsel i byene. Videre vises det til muligheter for store gevinster på samfunnsnivå, men at det krever bevisst bruk av

virkemidler. I samtlige scenarioer vil automatisert kjøring føre til økt kjøretøykilometer, men dette kan motvirkes med høyt tilbud av rutegående transport og stor grad av deling. Den samlede vurderingen for alle scenarioene er at deling er sentral for å høste gevinstene.

Flere studier viser nettopp til mulig økt antall utført kjøretøykilometer med AV (Bierstedt, Gooze et al. 2014, Calthorpe and Walters 2017). Kjøretøykilometer vil være et produkt av reisevanene og mobilitetstilbudet og er en viktig variabel fordi den i stor grad henger sammen med trafikkavvikling og kø, trafikksikkerhet, drivstofforbruk og utslipp. Fagnant og Kockleman (2015) anslår 20% og 10% økning av kjøretøykilometer for henholdsvis 10% og 90% markedspenetrasjon av AV. I en rapport utarbeidet for Greater Ann Arbor Region i USA (Dennis, Spulber et al. 2017) blir argumenter for og imot økt transport på grunn av AV presentert.

For:

- **Økt reiseetterspørsel:** Bedre tilgjengelighet og lavere kostnader for reiser vil øke etterspørselen. Automatiserte kjøretøy vil eliminere en av de største kostandene ved reiser, verdien av tid, ved å muliggjøre andre gjøremål (som å sove eller jobbe) under reisen. Terskelverdien for å foreta en reise vil derfor bli lavere og øke antall reiser og reiselengde.
- **Skifte bort fra kollektivtransport og gang/sykkel:** Bedre tilgjengelighet og lavere kostnader kan isolert føre til større attraktivitet av AV enn kollektivtransport og ikke motorisert transport. I tillegg kan et resultat være at første og siste steg av reiselenker blir foretatt av AV og derfor totalt sett øke kjøretøykilometer.
- **Tomkjøring:** Reiser uten passasjerer eller varer mellom destinasjoner.
- **Redusert samordning:** På grunn av muligheten for tomkjøring blir insentivet for å samordne reiser mindre. Eksempelvis kan to personer i samme husholdning reise til jobb ved ulike tidspunkt i samme kjøretøy.
- **Bosetting, arbeidssted og økt reiselengde:** Muligheten for å benytte tiden i AV til andre formål enn å kjøre vil gi lavere tidskostnad og større aksept for lengre reiselengde.
- **Desentralisert parkering:** Parkeringsplasser kan tenkes flyttet lengre unna oppholdssteder i og med at AV kan parkere seg selv.

- **Privat eierskap:** Ikke isolert en driver for økt kjøretøykilometer men kan forsterke de andre punktene. Det kan for eksempel tenkes at en AV kjører hjem etter frakt til jobb for å spare parkeringskostnader for deretter å returnere etter arbeidstid.
- **Økt mobilitet for ikke-kjørende:** Trafikanter som tidligere ikke hadde tilgang til bilbasert transport, for eksempel på grunn av alder eller nedsatt funksjonsevne, får nå større tilgang til transport. Selv om dette har mange fordeler kan det føre til økt transport.

Mot:

- **Turbasert betaling:** Betaling per tur for automatiserte bildelingstjenester eller drosjer kan redusere unødvendige reiser.
- **Færre bileiere:** Dersom færre eier bil på grunn av andre mobilitetsløsninger som beskrevet tidligere kan dette føre til færre unødvendige reiser.
- **Færre kjøretøy:** Med færre totalt antall kjøretøy på vegene kan dette føre til redusert kjøretøykilometer.
- **Økt utnyttelsesgrad:** Automatiserte drosjer og bildelingstjenester fører til flere personer i hvert kjøretøy og optimaliserte ruter. Større utnyttelsesgrad fører til redusert kjøretøykilometer.
- **Første- og sistestegløsninger:** I stedet for at dette fører til økt transport kan en også tenke seg det motsatte. Med enkle og tilgjengelige første- og sistestegløsninger av en reiselenke kan attraktiviteten til kollektivreiser øke.

Om automatiserte kjøretøy fører til økt eller redusert antall kjøretøykilometer er altså høyt usikkert og er blant annet avhengig av hvordan samfunnet innretter seg til delt autonom mobilitet. OECD (2016) kom frem til at en delt vognpark totalt sett vil redusere antall kjøretøykilometer til tross for at hvert kjøretøy ville kjøre over ti ganger så mange kilometer.

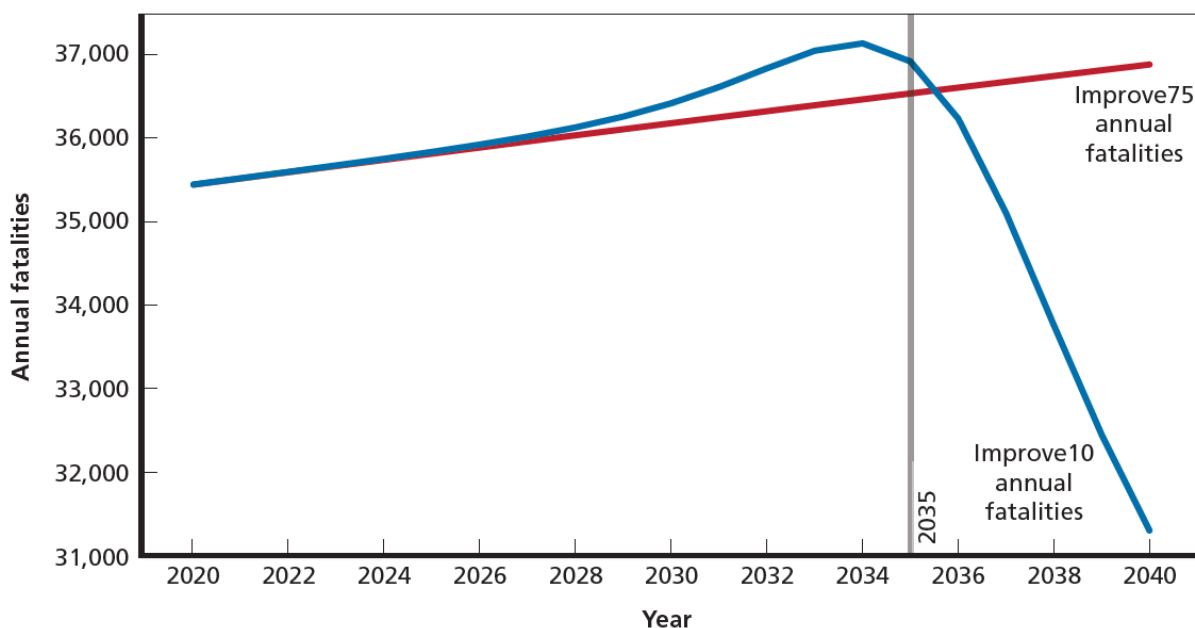
3.2 Trafikksikkerhet

Hvilken påvirkning AV-teknologi vil få på trafikksikkerhet er heftet med stor usikkerhet og litteraturens konklusjoner er vanskelige å sammenligne med hverandre fordi forutsetningene for forutsigelsene varierer i stor grad. AV-teknologi er ikke i en uavhengig utvikling; annen teknologi, reisevaner, menneskelig atferd og offentlig regulering henger sammen. Med andre

ord vil påvirkningen på ulykker i trafikken være avhengig av hvilket scenario en ser for seg, der for eksempel omfang av deling og tilbud av rutegående transport gir ulike fremtidsbilder, særlig med tanke på antall kjøretøy og kjøretøykilometer på norske veier.

Kalra og Groves (2017) benyttet seg av Robust Decision Making (RDM) i sin analyse av trafikksikkerhetspåvirkning for å ta høyde for stor grad av usikkerhet om fremtiden. RDM kjører hundretusenvis av ulike antakelser i modellen for å se på ulike scenarier. Funnen viser at økt kjøretøykilometer på grunn av AV faktisk kan medføre en økning i antall dødsulykker i en kort tidshorisont. Forutsetningen som lå til grunn var imidlertid AV som kun var 10% sikrere enn førerstyrte kjøretøy ved tillatt bruk på veier. I tillegg var de kumulative dødsulykkene i en noe lengre tidshorisont langt lavere enn ved kun førerstyrte kjøretøy. Figur 11 under viser en av simuleringene der krav om 75% sikrere AV enn førerstyrt medfører senere tillatt bruk av AV (etter år 1040).

Figure 4.6
Annual Fatalities in Case 117



Figur 11: Simulering av årlige drepte for 10% sikrere AV (Kalra and Groves 2017, s. 25)

I artikkelen «A 2050 vision for London» (Begg 2014) anslås det en mulig reduksjon av dødelige og alvorlige ulykker proporsjonalt med ulykker attribuert til menneskelig feil: over 90%. Rapporten tar utgangspunkt i intervjuer og diskusjoner med offentlige og private aktører knyttet til transport i London samt annen litteratur. De fleste publikasjoner som omhandler

automatiserte kjøretøys påvirkning på trafikken benytter seg av kvalitative metoder som grunnlag for å presentere mulig fremtidsbilde for vegtrafikk som følge av AV-teknologi. En del av disse publikasjonene tar, i likhet med denne oppgaven, utgangspunkt i den kvalitative forundersøkelse som grunnlag for en kvantitativ analyse. Selv om artikkelen viser til potensielt betydelige positive virkninger for ulykker – i tillegg til redusert kø, drivstofforbruk, miljøskader og reisetid – fremholdes det at disse effektene i nærmeste fremtid er sterkt overdrevet av enkelte og at full automatisering av bilparken fremdeles er et stykke frem i tid.

Maurer et al. (2016) anslår at 93.5% av ulykker skjer som følge av menneskelige feil og at disse kan elimineres ved fullstendig automatisering. Forfatterne påpeker at prosentandelen av ulykker som skyldes tekniske feil (0.7%) potensielt vil øke som følge av tekniske risikoer ved AV-teknologi, men at de prospektfulle samfunnsmessige fordelene vil oppveie denne risikoen. Forfatterne presenterer også et grovt estimat på reduksjon av ulykker og tidsperspektiv for når disse inntreffer med utgangspunkt i markedspenetrasjon. Estimater ble utarbeidet av Daimler i 2013 og predikerte 10% reduksjon i 2020, 19% i 2030, 23% i 2040, 50% i 2050, 71% i 2060 og tilnærmet 100% i 2070. Disse tallene inkluderer bare unngåelige ulykker forårsaket av biler og tar ikke hensyn til eventuell uforutsett virkninger som tekniske risikoer.

Papadoulis (Papadoulis, Quddus et al. 2018) benyttet seg av mikromodellering av automatiserte kjøretøy med V2V-teknologi i programvaren VISSIM for å undersøke trafiksikkerhet ved ulike grad av markedspenetrasjon. Resultatene av simuleringene viste 94% reduksjon av trafikkonflikter ved 100% markedspenetrasjon og signifikante reduksjoner selv ved blandet trafikk. Algoritmen som ble benyttet i simuleringen muliggjorde automatiserte kjøretøys gjenkjennelse av andre automatiserte kjøretøy med tilhørende situasjonsavhengige beslutningsregler. Gjennom denne algoritmen ble simulering av fungerende blandet trafikk mulig og modellen estimerte reduksjoner av konflikter på henholdsvis 36%, 73%, 93% ved 25%, 50% og 75% markedspenetrasjon.

Arbib og Seba (2017) påpeker at delvis automatiserte biler allerede er langt mer trafiksikre enn førerstøttede biler på noen områder, og viser til NHTSAs rapport om 40% reduksjon i ulykker der Tesla var involvert etter at Autopilot(Level 2 - Delvis automatisert(Hughes 2017)) ble tilgjengelig i 2015. Videre presenteres et spekulert anslag på 10 ganger sikrere AV i 2022 basert på Moore's Law(dobling av antall transistorer på et areal med tilhørende økt effektivitet) og at i kombinasjon med software-utvikling vil «...*the rate of AV improvement*

over human drivers will accelerate and achieve near zero collisions much sooner than most experts anticipate.» Arbib and Seba (2017, s. 62). Artikkelen anslår minimum 90% reduksjon av ulykker fordi 94% av ulykker i USA skyldes menneskelige feil. Denne argumentasjonen blir også benyttet av Fagnant og Kockelman (Fagnant and Kockelman 2015) samt en rekke av andre publikasjoner (PricewaterhouseCoopers 2013, Claypool, Bin-Nun et al. 2017, Cottam 2018) som omhandler trafikksikkerhetspåvirkning fra AV.

Andre rapporter, artikler og uttalelser mener imidlertid at dette er en feilaktig forenkling, eller i beste fall svært usikkert, på grunn av risikoelementer som er heftet med introduksjonen av den nye teknologien (Kockelman, Avery et al. 2016, Litman 2017). Slike risikoelementer kan være både en direkte og indirekte følge av teknologien. Victoria Transport Policy Institute (Litman 2017) oppsummerer disse risikoene i fem kategorier: Maskinvare- og programvarefeil, cybersikkerhet, økt risikotaking, risiko knyttet til konvoikjøring (platooning) og økt kjørelengde.

Tabell 1: Risikomomenter for AV i trafikk (Litman 2017)

Risikomoment	Begrunnelse
Maskin- og programvarefeil	Komplekse elektroniske systemer er utsatt for systemsvikt og selv mindre feil i enkeltkomponenter kan medføre alvorlige følger. Systemsvikt eller redusert systemevne kan oppstå ved ekstremvær eller programvarefeil (for eksempel i spesielle situasjoner) og medføre reliabilitetsutfordringer.
Cybersikkerhet	Kjøretøy som i stor benytter seg av trådløs kommunikasjon med andre enheter og hvor en utenforstående potensielt kan få tilgang navigasjon og dataprosessering medfører risiko for kriminalitet.
Økt risikotaking	Trafikanter er villige til å påta seg større risiko når de føler seg tryggere. Det argumenteres for at økt sikkerhet ved AV for eksempel kan medføre at flere trafikanter velger å ikke benytte seg av bilbelte og at fotgjengere blir mer uforsiktige.
Konvoikjøring	Mange av fordelene som blir nevnt i forbindelse med automatiserte kjøretøy krever konvoikjøring. Dette kan potensielt medføre nye risikoer, for eksempel dersom manuelle kjøretøy opererer i samme konvoi som AV.

Økte kjørelengder	Økt mobilitet og tilgjengelighet, samt mer komfortable reiser vil medføre en økning i total kjørelengde og derfor flere pre-ulykkescenarioer.
-------------------	---

Sivak og Schoettle(2015) konkluderer med at oppnåelse av nullvisjonen som følge av AV-teknologi er urealistisk og at automatiserte kjøretøy ikke nødvendigvis er mer trafikksikker enn en erfaren sjåfør. Det argumenteres også for en mulig forverring av trafikksikkerheten i blandet trafikk. Begrunnelsen for disse konklusjonene er forankret i risikomomentene beskrevet ovenfor med særlig vekt på maskin- og programvarefeil.

Mange artikler med tematikken beskrevet i dette kapittelet omtaler eller analyserer også mulige individuelle virkninger som følge hver enkelt førerstøttesystem som for eksempel autonomous emergency braking [AEB], men blir ikke beskrevet nærmere i denne oppgaven da dette faller utenfor min oppgavebeskrivelse.

3.3 KØ

Fremtidig trafikkavvikling som følge av AV-teknologi blir i litteraturen estimert ved to ulike metoder – konseptuelle estimater og detaljerte analyser gjennom modeller og simuleringer. Ved simuleringer kreves en spesifisering av automatiserte kjøretøy med ulike definerte handlingsregler. Førstnevnte er mer en filosofisk tilnærming der en vurderer hvordan den helhetlige forskjellen mellom menneskelig og automatisert kjøring påvirker trafikken (Cottam 2018).

I litteraturen blir gjerne begrepene kapasitet og kø benyttet om hverandre for å anslå påvirkningen fra automatiserte kjøretøy. Kapasitet innen trafikkavvikling kan defineres som *«Det maksimale antall kjøretøy som med rimelighet kan forventes å passere et punkt eller en strekning i løpet av et gitt tidsrom under de rådende veg-, trafikk- og reguleringsforhold»* (Giæver and Aakre 2004, s. 12) og kø kan defineres som en *«rekke av kjøretøy som venter på å bli betjent av et system (for eksempel passere et punkt)»* (Wahl, Tveit et al. 2006, s. 2)

Kø kan dermed forstås som en konsekvens: Kø, forsinkelse og dårlig avviklingskvalitet er en konsekvens av overbelastning som følge av at trafikkbelastningen er større en kapasiteten (Giæver and Aakre 2004). Desto flere biler som kommer inn på en veg desto kortere

gjennomsnittsavstand vil det bli mellom disse og hastigheten til kjøretøyene må reduseres, med påfølgende forsinkelser. Det kan imidlertid oppstå kø selv om trafikkbelastningen er under kapasitetsgrensa. Kjøretøy kan likevel havne i konflikter og flaskehalsar kan redusere avviklingen (Aas, Minken et al. 2009).

Ettersom kø og forsinkelser er en konsekvens av at trafikkbelastningen overgår kapasiteten kan det være intuitivt å anta at tiltak som forbedrer kapasiteten reduserer disse. Det er imidlertid ofte det motsatte som skjer når en øker kapasiteten på veier med kø (Mogridge 1997). Denne effekten omtales gjerne som Downs-Thomson-paradokset. Anthony Downs og John Michael Thomson hevdet at økt kapasitet tiltrekker flere bilister som tidligere har benyttet offentlig transport. Dette medfører et skifte i investering, avgangsfrekvens og billettpriser i disfavør av offentlig transport som igjen fører til færre passasjerer. Resultatet er mer kø på veger i tillegg til dårligere tilbud av offentlig transport (Zhang, Yang et al. 2014).

Forskningsleder ved TØI, Aud Tennøy, uttalte i 2015 til Teknisk ukeblad at «*Bedre veier får alltid flere til å velge bil fremfor kollektivt. Derfor vil det ikke ta lang tid før køene er like lange, om ikke lenger enn i dag. Bedre veier gir alltid mere kø på sikt.*» (Garathun 2015). Med dagens reisevaner og erfaringsmessige effekter kan en derfor ikke anta at økt kapasitet nødvendigvis gir samfunnsmessige positive effekter, og kanskje stikk motsatt.

Denne effekten kan imidlertid ikke automatisk tilskrives en fremtidig situasjon. Reisevaner og mobilitet som diskutert i kapittel 3.1 vil i stor grad påvirke belastningen på vegene våre. Økt bildeling og automatisert offentlig vegtransport kan føre til en signifikant reduksjon av bilparken. International Association of Public Transport (2017) viser til tre ulike studier og mener 80% færre biler kan betjene alle reisende. Gjennom differensier prising eller samkjøringsfordeler kan myndighetene også tenkes å regulere påvirkningen. Dersom de generaliserte reisekostnadene (summen av kjørekostnaden, tidskostnaden og eventuelle bomavgifter) øker reduseres etterspørselen (Aas, Minken et al. 2009).

Videre er ikke nødvendigvis dagens konsept og opplevelse av kø og forsinkelse det samme i trafikk med automatiserte kjøretøy. En definisjon som har blitt benyttet for kø (på strekninger) er når tidslukene er under 5 sekunder (Wahl, Tveit et al. 2006). Friedrich (2016) mener en teknologisk og brukarakseptabel tidsluke (time gap) for automatiserte kjøretøy kan ligge på 0,5 sekunder og gi kontinuerlig stabil avvikling ved 100% AV. Når verdien på reisetid også kan tenkes endret på grunn av muligheten for drive andre aktiviteter (for eksempel jobbe eller

til og med sove) under reisen, er det ikke sikkert dagens parametere innen trafikkavvikling og sammenhengen mellom disse er fornuftig å bruke for automatiserte kjøretøy. I denne oppgaven beskrives derfor ikke trafikkavviklingsteori inngående, men søker heller å beskrive overordnet hva litteraturen sier om påvirkning på trafikk.

Automatiserte kjøretøys predikerte påvirkning på vegkapasitet gjenspeiler usikkerhetene knyttet til tilgjengelig teknologi, infrastruktur og menneskelig atferd. Litteraturen spriker i anslag, fra negativ påvirkning til mangedobling av positiv effekt. Sprik er en selvfølgelig konsekvens når anslag baserer seg på ulike metodikker og teknologi, samt nødvendige antakelser og kvalifisert gjetting for å gjøre anslagene. Litteraturen som benyttes i denne oppgaven beskriver effekter på kø, kapasitet eller begge deler, som følge av automatiserte kjøretøy eller enkeltsystemer.

En studie fra Illinois College of Engineering anslår at så liten som 5% penetrering kan gi positive resultater på vegkapasitet og redusere drivstofforbruk med opptil 40% (Stern, Cui et al. 2018). Studien viste, ved et felteksperiment, at kjø-og-stopp bevegelser kan dempes betraktelig ved å kontrollere farten til en enkelt bil. Kjø-og-stopp bevegelser forplanter seg bakover på vegen og er et resultat av den kollektive dynamiske kjøringen. Dette skyldes ofte feltskifter, men skjer også selv uten feltskifter, flaskehals og fletting. Studien viser altså at positive effekter kan oppnås i blandet trafikk lenge før 100% andel AV, og at allerede tilgjengelige adaptive cruise control (ACC) i prinsippet kan benyttes i kombinasjon med hensiktsmessig fart og tidsluker for å bedre kjø-og-stopp bevegelsene.

I følge Friedrich (2016) er trafiksikkerhet og manøvrering ved lav andel AV i blandet trafikk en nødvendighet for vellykket introduksjon av automatisert kjøring. Han benyttet seg av teoretiske trafikkmodeller for å beregne trafikkflyt og kapasitet på frie strekninger og i kryss. Kortere tidsluker som følge av AV vil være mulig allerede ved første fullt automatiserte kjøretøy, men økt densitet med høy fart er kun mulig med 100% penetrasjon.

Effekten av kooperativ adaptiv cruise control på vegkapasiteten for enkeltfelt ble undersøkt ved simulering i en studie av Shladover (Shladover, Su et al. 2012). CACC kan beskrives som konvensjonell ACC i kombinasjon med DSRC (Guo 2017). Isolert er dette en nivå 1 teknologi men kan danne grunnlag for komponenten langsgående automatisert kjøring (akselerasjon og retardasjon) for nivå 4-5. Det er naturlig å anta at det er den langsgående komponenten av automatisert kjøring som vil slå mest ut på kødannelser. I figur 12 kan vi se

at funnene til Shladover viser en gradvis økning, der effekten er liten i begynnelsen og øker raskere etter hvert.

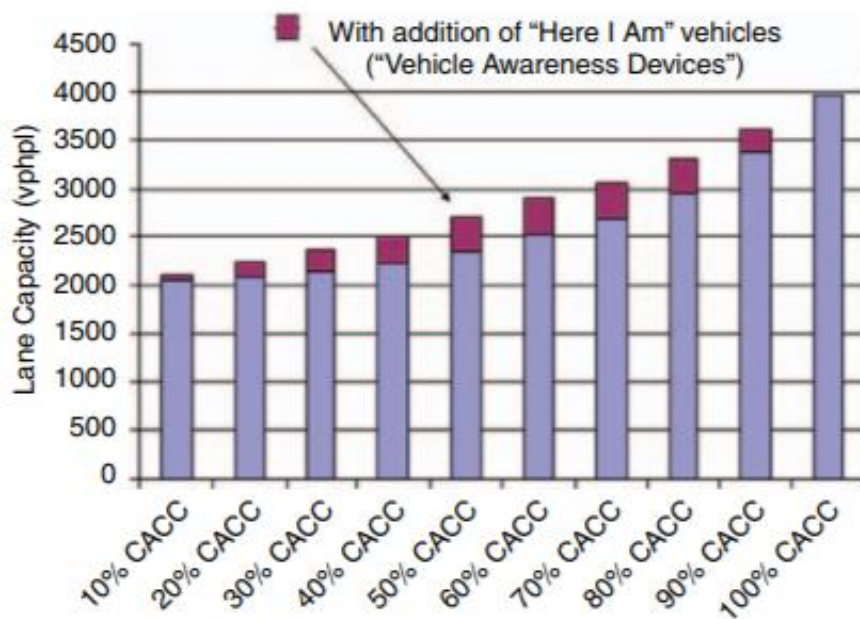


FIGURE 1 Highway lane capacity as function of changes in CACC market penetration relative to manually driven vehicles or vehicles with a vehicle awareness device.

Figur 12: Kapasitetsøkning ved ulike markedspenetrasjon av CACC (Shladover, Su et al. 2012, s. 66)

Sammenligningsgrunnlaget ved kun manuelle kjøretøy var omtrent 2000 kjøretøy/t per felt (vphpl) og viser tilnærmet ingen effekt ved 10% penetrasjon og økende effekt opp til en fordobling av kapasiteten ved 100% penetrasjon. Årsaken til at økningen ikke er lineær er at CACC-kjøretøy begrenses til å operere som ACC ved interaksjon med kjøretøy uten teknologien.

En norsk masteroppgave undersøkte effekten av ACC ved kvantitative feltforsøk i signalregulerte kryss (Lindseth 2017). Resultatene fra forsøket viste dårlige trafikkavvikling der sikkerhetsavstanden var satt stor. Det er i midlertid ikke et overraskende resultat dersom en ilegger større sikkerhetsavstand for AV enn manuelle kjøretøy. Resultatene for liten sikkerhetsavstand var hverken forverring eller forbedring i forhold til trafikkstrøm uten forsøkskjøretøyene.

I en rapport utarbeidet for Department of Transport i UK viser også en mulig forverring ved lav penetrasjon av oppkoblede og automatiserte kjøretøy på grunn av at disse konsekvent

holder sikker avstand (Atkins). Studien viser moderat forbedring av forsinkelse først ved 50% og opp mot 40% forbedring ved 100% penetrasjon. Resultatene for ulike andeler CAV er vist i figur 13.

Table 9: Summary results – SRN model, peak period

Scenario	Average delay (s)		Average journey time (s)		Journey time variability ²⁰ (s)		Coefficient of variation ²¹	
	(s)	%	(s)	%	(s)	%		%
Base	35.84	-	539.79	-	20.17	-	0.0374	-
(1) 25% CAV	36.17	+0.9%	538.49	-0.2%	19.38	-3.9%	0.0360	-3.7%
(2) 50% CAV	33.39	-6.8%	533.62	-1.1%	17.65	-12.5%	0.0331	-11.5%
(3) 75% CAV	29.77	-16.9%	527.72	-2.2%	15.33	-24.0%	0.0291	-22.3%
(4) 100% CAV	23.72	-33.8%	517.77	-4.1%	10.52	-47.9%	0.0203	-45.7%
(5) Upper bound	21.38	-40.3%	479.29	-11.2%	9.14	-54.7%	0.0191	-49.0%

Figur 13: Påvirkning på forsinkelse og reisetid ved ulike andeler CAV (Atkins)

Andre kilder viser til at en situasjon der det er stor grad av tomkjøring (kjøretøy uten personer eller varer) på grunn av AV kan antall kjøretøykilometer og kø øke (Bierstedt, Gooze et al. 2014, Martinez and Crist 2015, Calthorpe and Walters 2017). Dette blir imidlertid presentert som en av flere mulige fremtidsbilder og argumenterer også for mulige forbedringer. World Economic Forum regnet ut økt reisetid på 5,5 minutter for sentrumsnære områder på grunn av økte kjøretøykilometer (WEF 2018).

Fagnant og Kockelman (Fagnant and Kockelman) gir anslag for prosentvis reduksjon av kø ved lav andel AV i blandet trafikk så vel som 50% og 90% markedspenetrasjon. For lav andel representert ved 10% penetrasjon anslås det 15% reduksjon av kø på grunn av stabil avvikling og reduserte flaskehalser. Det påpekes at reduksjonen er lavere enn det andre studier anslår (Atiyeh 2012) på grunn av at det er hensyntatt mulig økt totale kjøretøykilometer, men at reduksjonen også kan bli større som følge av kooperativ adaptiv cruise control (CACC) og færre trafikkulykker. For 50% penetrasjon anslås det 35% reduksjon og for 90% penetrasjon anslås det 60% reduksjon og nær doubling av kapasiteten, også her hensyntatt økt antall kjøretøykilometer.

Verdien for tidsluker og sikkerhetsavstand er altså viktige når en snakker om effekt fra automatisert kjøring. Effekten av ulike tidsluker og reaksjonstider for trafikkavvikling ble undersøkt av Aakre ved forsøk på lukket bane. Forsøkene viste at kapasiteten på en tilfart i en rundkjøring kan økes med 25–30 % ved bedre samspill mellom kjøretøyene (Aakre, 2017). Litteraturgjennomgang i TØIs trafiksikkerheshåndbok (Høye, Elvik et al. 2012) viser uenighet om ACC fører til kortere eller lengre avstand mellom kjøretøyene, men viser en tendens til lengre. Funnene er imidlertid konsistente på at fartsvariasjoner minker og med færre brå nedbremsinger, men at reaksjonstiden og oppmerksomheten blir dårligere for førere.

Når en snakker om nivå 4-5 automatisering refereres det imidlertid til en kombinasjon av ulike førerstøttesystemer og som sammen med maskin- og programvare løser samtlige føreroppgaver til enhver tid. Dårligere oppmerksomhet og reaksjonstid anses derfor ikke som et problem. Ulike kilder operer med reaksjonstider for automatiserte kjøretøy som stort sett er langt lavere enn det en kan forvente fra et menneske, helt ned mot umiddelbar reaksjon (Mariussen, Larsgård et al. 2018). Kort reaksjonstid i kombinasjon med ACC/CACC og andre førerstøttesystemer (automatisk nødbrems [AEB], kjørefeltstøtte, traffic jam assist mm.) sannsynliggjør stor effekt på kapasitet og kø. Økt densitet på vegene kan imidlertid gi dårligere fremkommelighet for fotgjengere og syklister i krysspunkter dersom målet er maksimal trafikkflyt (Heinrichs 2016).

De mest optimistiske anslagene i litteraturen viser store utslag på kapasitet og mener total eliminasjon av kø vil bli en realitet (OECD/ITF 2016). Kapasitetsøkning som følge av platooning kan ifølge simuleringer økes opp mot 500% avhengig av ulike inngangsparametere (Fernandes and Nunes 2012).

4.0 Metode

I kapittel 5 analyseres mulige effekter av automatiserte kjøretøy på trafikksikkerhet og kø ved å anvende teorien på norske forhold. Forenklinger og antakelser har vært nødvendige for å gjennomføre analysene. Metodikken som benyttes til disse analysene innebærer derfor at det er en del usikkerhet knyttet til resultatene, men resultatene gir likevel et interessant blick på mulig framtidssituasjon for norsk trafikksikkerhet og kø.

4.1 Metode Trafikksikkerhet

Metodikken som benyttes i denne oppgaven for å beregne mulige ulykkes- og kostnadsreduksjoner baserer seg på artikkelen «Preparing a nation for autonomous vehicles» (Fagnant and Kockelman 2015), egne antakelser og tilpasning til tilgjengelig informasjon.

Metodikken tar utgangspunkt i reduksjonsfaktorer per AV avhengig av bilparkens andel AV. Det vil si at bidraget per AV er direkte avhengig av oppbygningen av bilparken, der høyere andel automatiserte kjøretøy gir høyere reduksjonsfaktor for hvert enkelt kjøretøy. Fagnant og Kockelman benyttet seg av resultatene for ulykkesreduksjon, i kombinasjon med effekter på parkeringsbehov, kjøretøykilometer, drivstofforbruk og kø, til å beregne årlige økonomiske konsekvenser for 10%, 50% og 90% markedspenetrasjon. Denne oppgaven undersøker ulykkesdelen av de økonomiske konsekvensen med utgangspunkt i norske forhold og verdier for 10%, 50% og 100% AV-andel.

Tabell 2: Oversikt over scenarioer

Scenario	Andel AV
Tidligfase	10%
Blandet trafikk	50%
100% AV	100%

Denne metodikken krever at det må gjøres forenklinger og en del kartlegging av data. Statistikken som er innhentet har blitt behandlet, komprimert og systematisert for å kunne presenteres på en oversiktlig måte. Excel er benyttet for å gjøre alle beregninger. Stegene i metodikken kan oppsummeres slik:

- Innhenting av ulykkesstatistikk
- Justere for underrapportering
- Systematisere, komprimere og gruppere statistikken så den kan benyttes til formålet
- Sammenstille grupperingene etter ulykkestyper
- Identifisere fornuftige reduksjonsfaktorer for grupperingene
- Korrigere reduksjonsfaktorene for ulykkestyper der de ikke blir gjeldende ved en reduksjonsfaktormatrise
- Applisere reduksjonsfaktorene på den grupperte ulykkesstatistikken i henhold til andel AV

Stegene videre for å knytte kostnadsreduksjon til ulykkesreduksjonen kan oppsummeres slik:

- Identifisere enhetskostnader for de ulike gradene av skadeomfang
- Indeksregulere enhetskostnader til ulykkesstatistikkenes år (2017-kroner)
- Multiplisere antall ulykker for hvert skadeomfang med tilhørende enhetskostnader

Styrken med metodikken som er benyttet for å beregne ulykkes- og kostnadsreduksjonene er at et i utgangspunktet veldig komplisert regnestykke med svært mange usikkerheter kan beregnes uten bruk av enorme ressurser.

Det er også svakheter med denne metoden. I denne oppgavens modell blir det antatt at en ulykkes skadeomfang enten blir eliminert eller ikke som følge av automatiserte kjøretøy. En kan tenke seg at det i realiteten ikke blir enten eller. For eksempel kan det tenkes at en AV kunne endret skadeomfanget i en gitt ulykke fra hardt- til lettere skadd. Andre forenklinger er beskrevet nærmere i scenarioanalysen i kapittel 5.1.2 og medfører at resultatene må anses som grove estimater.

I analysen benyttes begrepet pre-ulykke eller pre-ulykkessituasjon. Dette defineres i denne oppgaven som en teoretisk situasjon som vil føre til ulykke dersom ikke avvergende teknologi er tilgjengelig i situasjonen. Pre-ulykke er ikke et begrep som blir benyttet i litteraturen som er undersøkt i denne oppgaven. Uttrykket blir benyttet i stedet for nestenulykke eller konflikt for å tydeliggjøre at det ikke er en reel ulykke, men en teoretisk situasjon basert på ulykkesstatistikk fra tidligere år som ville oppstått uten AV.

TØIs rapport «Potensialet for å redusere antall drepte og hardt skadde i trafikken frem til 2030» (Elvik and Høyve 2018) blir benyttet som referanse og sammenligningsgrunnlag for funnene.

4.2 Metode kø

For å undersøke mulige kostnadsbesparelser

For kø er det kun gitt reduksjoner på hvert anslag beskrevet i kapittel 4.2.1 som spekulative eksempler. Prosentvise reduksjoner av kø som er valgt for anslagene er hentet fra samme artikkel (Fagnant and Kockelman 2015) som ble benyttet som utgangspunkt for scenarioanalysen av ulykker, og er beskrevet nærmere i kapittel 3.3.

Stegene i metodikken kan oppsummeres slik:

- Innhente kostnader for kø fra andre kilder
- Indeksregulere kostnadene til 2017-kroner ved hjelp av konsumprisindeksen
- Applisere reduksjon på de ulike kostnadene i henhold til prosentvis AV (15%, 35% og 60% for hhv 10%, 50% og 100% AV)

Det er en del svakheter ved denne metoden. Beregningene som er lagt til grunn for de innhentede kostnadene fra sekundærkildene er ikke kontrollert. I og med at innholdet i kostnadene fra alle kildene ikke er fullt kjent er konsumprisindeksen benyttet for å indeksregulere. Videre er de prosentvise reduksjonene fulgt uten å gjøre tilpasninger til norske forhold. Det er derfor presisert at dette er spekulative tall som først og fremst blir brukt for å grovt illustrere mulige reduksjoner.

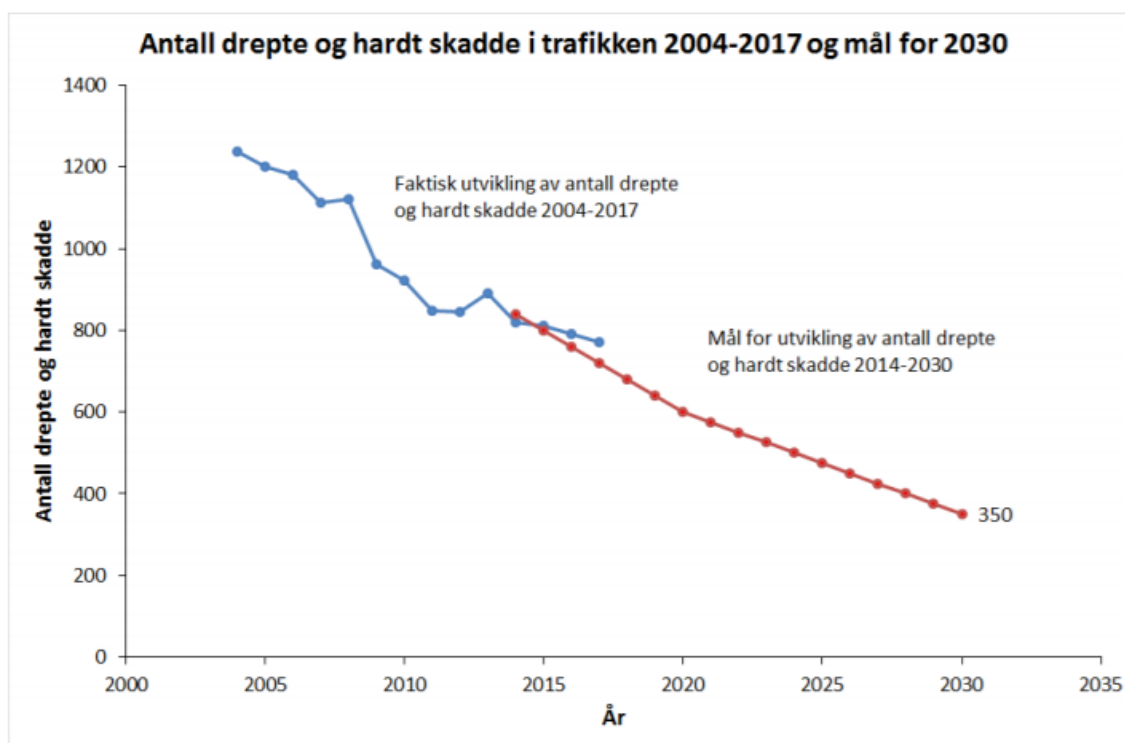
5.0 Analyse - Sentrale virkninger av automatiserte kjøretøy i Norge

5.1 Trafikksikkerhet

5.1.1 Ulykker i Norge

Regjeringens trafikksikkerhetsarbeid og mål for reduksjon av ulykker bygger på nullvisjonenvisjonen om at det ikke skal forekomme drepte eller hardt skadde i transportsektoren. I St. 33 (2016-2017) Nasjonal transportplan(NTP) 2018-2029 defineres det konkrete planmålet om en reduksjon av antall drepte eller hardt skadde til maksimalt 350 innen 2030. NTP presiserer at samfunnsutvikling og teknologisk utvikling vil ha stor påvirkning på transportsektoren i denne perioden. Videre presenteres fem hovedsatsingsområder som regjeringen ønsker å rette innsatsen mot for å oppnå etappemålet om maksimalt 350 drepte eller hardt skadde: sikre veier, risikoatferd i trafikken, spesielt utsatte grupper i trafikken, tunge kjøretøy og **teknologi** (Samferdselsdepartement 2017).

Ulykkesbildet i Norge har kontinuerlig blitt bedre de siste årene. I figur 14 vises den positive utviklingen i antall drepte og hardt skadde som skjedde i trafikken fra 2004-2017, samt etappemålet i 2030.



Figur 3: Utvikling i antall drepte og hardt skadde i trafikken 2004-2017 og mål for 2030.

Figur 14: Utvikling i antall drepte og skadde og etappemål for 2030

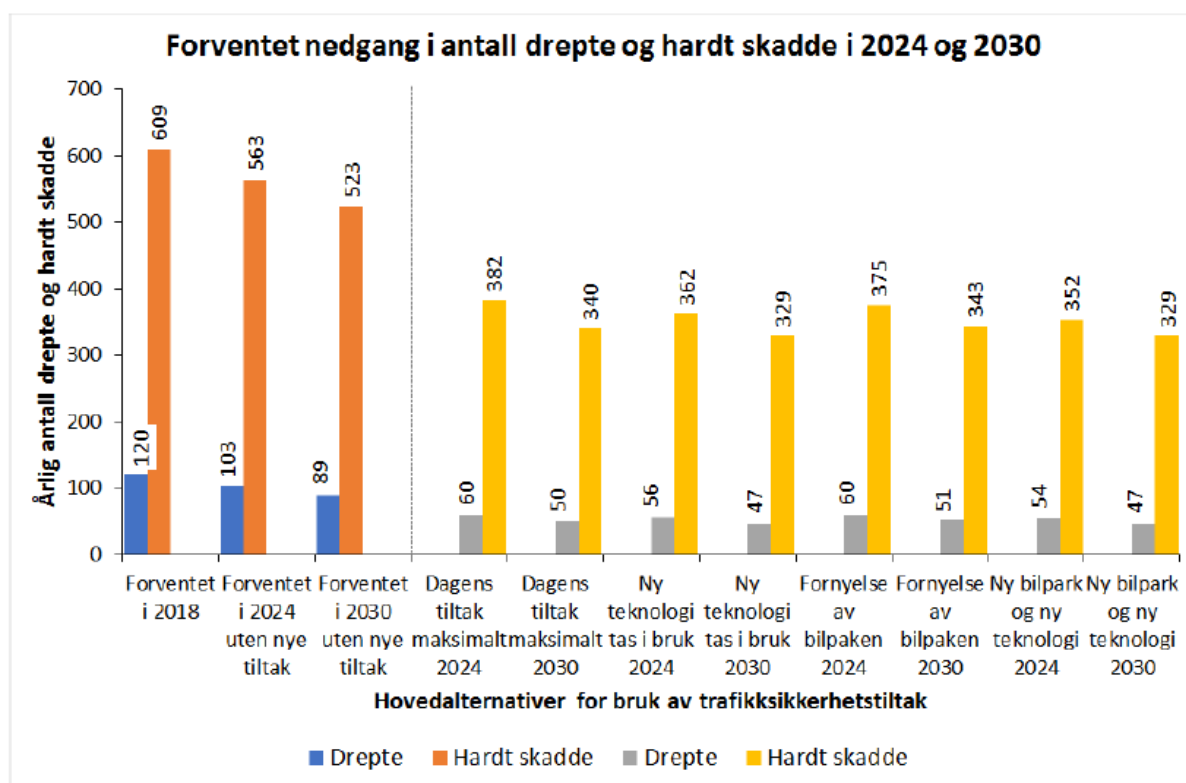
Transportøkonomisk institutt undersøkte i 2018 potensialet for å redusere antall drepte og hardt skadde i trafikken frem til 2030. De presenterte fire ulike kombinasjoner av trafikksikkerhetstiltak som ledd i å nå målet:

1. *Dagens tiltak maksimalt: Alle tiltak som er i bruk i dag, brukes maksimalt. Dette omfatter tiltak på vegnettet, de fleste kjøretøytiltak og kontrolltiltak. Komplet fornyelse av bilparken, intelligent fartstilpasning, alkolås og bilbeltelås inngår ikke.*
2. *Ny teknologi tas i bruk: Her inngår at 100% har intelligent fartstilpasning, alkolås og bilbeltelås. De fleste av tiltakene fra «Dagens tiltak maksimalt» inngår også, men fartskontroll, promillekontroll, bilbeltekontroll, punkt-ATK, streknings-ATK, beltevarsler og fartsgrenseinformasjon inngår ikke.*
3. *Bilparken fornyes: Her inngår ingen av de kjøretøytekniske tiltak som er i bruk i dag; de er erstattet av komplett fornyelse av bilparken. Øvrige tiltak fra «Dagens tiltak maksimalt» (vegtiltak og kontrolltiltak) inngår også.*

4. Ny teknologi og ny bilpark: Her inngår komplett fornyelse av bilparken og ny teknologi (intelligent fartstilpasning, alkolås og bilbeltelås). Av tiltakene fra «Dagens tiltak maksimalt» inngår vegtiltakene og kontrolltiltak som ikke erstattes av ny teknologi, inngår også.

(Elvik and Høyve 2018)

Kombinasjon 2 og 4 er varianter av scenarioene tidligfase og at hele bilparken består av automatiserte kjøretøy som blir benyttet i min analyse i kapittel 4.1.2. Hverken kombinasjonen 2 eller 4 forutsetter AV og således ikke direkte sammenlignbare med min analyse. TØIs anslag for potensiell reduksjon av ulykker på grunn av teknologi er imidlertid svært nærliggende tematikk som min analyse og komparativt basert på norsk statistikk. Resultatet av analysen til TØI er oppsummert under i figur 15:



Figur S.1: Forventet antall drepte og hardt skadde i 2024 og 2030 ved fire alternativer for bruk av trafikksikkerhetstiltak.

Figur 15: Forventet antall drepte og hardt skadd i 2024 og 2030 ved fire alternativer for bruk av sikkerhetstiltak beregnet av TØI (Elvik and Høyve 2018, s. ///)

5.1.2 Scenarioanalyse av ulike bilparkandeler AV

Ulykkesbildet er som beskrevet svært positivt i Norge, selv om nullvisjonen er ønskelig og en visjon som alltid skal tilstrebes. Som verktøy for å nå denne visjonen undersøkes her mulig virkning av automatiserte kjøretøy på dette gjennom en scenarioanalyse. Det er valgt tre ulike scenarioer med tre ulike andeler kjøretøykilometer som blir gjennomført av AV: 10%, 50% og 100%. Andelene jeg har valgt å undersøke representerer tidligfase, blandet trafikk og at hele bilparken består av automatiserte kjøretøy. Grunnlagsdata for analysen er statistikk for trafikkulykker hente fra statistisk sentralbyrå og Statens vegvesens dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken.

Trafikkulykker blir imidlertid underrapportert i statistikken vi har tilgjengelig. Dette skyldes blant annet at det kun er meldeplikt for trafikkuhell som har medført død eller der skaden «ikke er ubetydelig» (Vegtrafikkloven 2018). I Helsedirektoratets rapport for personskadedata for 2017 er det registrert 7374 vegtrafikkulykker med personskade i 2017 og totalt 26726 skader på skadested veg, gate, fortau eller gang- og sykkelveg (Støver and Håndlykken 2018). Til sammenligning er statistikken fra SSB for skadde i alt 5262 for 2017.

Ved beregning av marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk benyttet Transportøkonomisk institutt seg av oppjusteringsfaktorer for å justere for underrapportering (Thune-Larsen, Veisten et al. 2014). Rapporten benytter seg av to alternative faktorsett, ett med utgangspunkt i HEATCO-prosjektet(HEATCO 2006) og ett med oppblåsningsfaktorer gitt av samferdselsdepartementet. De ulike oppblåsningsfaktorene er vist i figur 16 og 17.

	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade
Bil	1,02	1,25	2,0
MC (inkl. moped)	1,02	1,55	3,2
Sykkel	1,02	2,75	8,0
Fotgjenger	1,02	1,35	2,4

Figur 16: Oppblåsningsfaktorer fra HEATCO-prosjektet (Thune-Larsen, Veisten et al. 2014, s. 40)

	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade
Bil	1	1	2,0
MC (inkl. moped)	1	1	3,2
Sykkel	1	2,75	8,0
Fotgjenger	1	1	2,4

Figur 17: Oppblåsningsfaktorer gitt av Samferdselsdepartementet (Thune-Larsen, Veisten et al. 2014, s. 165)

Beregningene i denne oppgaven benytter seg av sistnevnte som gir et mer konservativt anslag av besparelse for hardt skadde. For dødsfall gir valg av faktorer lite utslag og for lettere skade er faktorene like.

Som beskrevet i kapittel 3.1 tar flere tidligere artikler utgangspunkt i at reduksjon av ulykker skjer proporsjonalt med andel ulykker som skyldes førerfeil fordi førerfeilene elimineres av automatiserte kjøretøy. I mine beregninger legger jeg denne antakelsen til grunn. I tillegg antas det en mindre reduserende effekt på grunn av færre trafikkoverseelser (for eksempel kjøring på rødt). For 2017 var trafikantforhold medvirkende faktor til at ulykken skjedde i omtrent 93% av tilfellene i Norge (Vegvesen 2017). Det er derfor valgt en reduksjonsfaktor på 0,9 i tråd med litteraturstudiet.

Videre antas det at alle pre-ulykker skjer mellom AV og manuelle kjøretøy (M) i tidligfase ved scenario 10% (SC10), som er en minimal feilkilde. I pre-ulykker der kun den ene parten er AV gis halvparten av den maksimale effekten fordi den andre involverte kan forårsake ulykken. For scenario 100% SC100 skjer ulykker mellom AV og AV. Den maksimale reduksjonen av ulykker som følge av automatiserte kjøretøy er dermed 0,9 der kun AV er involvert.

Hver enkelt pre-ulykke er derfor satt til å oppleve en reduksjonsfaktor på 0,5 (inkludert bidraget for færre trafikkoverseelser) i SC10 og 0,9 ved SC100. For scenario 50% (SC50) forventes det proporsjonal fordeling av partskombinasjoner i henhold til mulige partskombinasjoner. Det vil si 25% AV-AV, 25% AV-M, 25% M-AV og 25% M-M. For SC50 tilegnes derfor 75% av pre-ulykkessituasjonene 50% reduksjon. Dette er illustrert i figur 18.

	AV	AV	AV	AV	AV	M	M	M	M	M
AV	IU	IU	IU	IU	IU	U	U	U	U	U
AV	IU	IU	IU	IU	IU	U	U	U	U	U
AV	IU	IU	IU	IU	IU/U	U	U	U	U	U
AV	IU	IU	IU	IU	IU	U	U	U	U	U
AV	IU	IU	IU	IU	IU	U	U	U	U	U
M	IU	IU	IU	IU	IU	U	U	U	U	U
M	IU	IU	IU	IU	IU	U	U	U	U	U
M	IU	IU	IU	IU	IU/U	U	U	U	U	U
M	IU	IU	IU	IU	IU	U	U	U	U	U
M	IU	IU	IU	IU	IU	U	U	U	U	U
	Parter i pre-ulykkessituasjon					Tegnforklaring				
		AV-AV				Preulykker der AV er involvert				
		AV-M			IU	Ikke ulykke				
		M-AV			U	Ulykke				
		M-M				Tillegg pga. færre trafikkoverseelser				

Figur 18: Illustrasjon av mulige partskombinasjoner for ulykker ved SC50

Videre i analysen blir reduksjonsfaktoren for SC50 presentert på samme form som de andre scenarioene, basert på andel AV i stedet for at de er basert på andel ulykker de er involvert. Det vil si 50% andel AV får reduksjonsfaktor 0,75 i stedet for at 75% av ulykkene der AV er involvert får 0,5 reduksjonsfaktor. Artikkelen som danner grunnlag for min metodikk benytter seg også av reduksjonsfaktoren 0,75, men det fremkommer ikke hvorfor. Argumentasjonen ovenfor er en logisk rettferdiggjøring av denne verdien, men en arbitrær reduksjonsfaktor for SC50 basert på litteraturen ville uansett vært 0,75.

Oppsummert gjelder derfor følgende:

- **SC10:** 10% av de totale pre-ulykkessituasjonene gis 50% reduksjon.
Reduksjonsfaktor: **0.5 per AV**
- **SC50:** 75% av de totale pre-ulykkessituasjonene gis 50% reduksjon.
Reduksjonsfaktor: **0.75 per AV**
- **SC100:** 100% av de totale pre-ulykkessituasjonene gis 90% reduksjon.
Reduksjonsfaktor: **0.9 per AV**

Fotgjengere og syklister antas å oppleve halvparten av den maksimale effekten i forhold til kjøretøy per ulykke involvert med AV i samtlige scenarioer fordi det bare er en ulykkespart som kan ha AV-teknologi. Motorsykler vil i modellen oppleve halvparten så stor effekt som fotgjengere igjen på grunn av at omtrent halvparten av disse ulykkene skjer uten andre parter

involvert (SSB). I pre-ulykkessituasjoner der det kun er motorsykkel eller moped involvert vil derfor reduksjonsfaktoren per AV være 0. Tabell 3 oppsummerer reduksjonsfaktorene der AV er involvert i de ulike fasene.

Tabell 3: Reduksjonsfaktorer i ulykker der AV er involvert

	SC10	SC50	SC100
AV - manuelt kjøretøy/AV	0,5	0,75	0,9
AV - Fotgjengere og syklister	0,5	0,5	0,5
AV - Motorsykler og mopeder	0,25	0,25	0,25

Statistikken jeg har benyttet meg av beskriver ulykkene med følgende variabler:

Trafikantgruppe

- Bilførere
- Bilpassasjerer
- Førere og passasjerer på lett motorsykkel
- Førere og passasjerer på annen motorsykkel
- Førere og passasjerer på moped
- Førere og passasjerer på sykkel
- Fotgjengere
- Akende o.l.
- Andre trafikanter

Skadegrad

- Drept
- Skadde i alt
- Hardt skadd
- Lettere skadd
- Uoppgitt skadegrad

(SSB)

Trafikantgruppene ovenfor er ikke hensiktsmessig å bruke til denne analysens formål. Skillet mellom bilførere og bilpassasjerer, og mellom moped og motorsykler er irrelevant. I min analyse har jeg derfor aggregert bilførere og bilpassasjerer til en gruppe(Bil) og gitt tilhørende reduksjonsfaktor per AV. Det samme er gjort for de andre trafikantgruppene slik at disse kan knyttes mot en reduksjonsfaktor. Det vil si lett motorsykkel, motorsykkel og moped er aggregert til én gruppe(MM) og tilsvarende én gruppe for gående og syklende(GS).

Ulykkesstatistikken er hentet fra SSBs statistikkbank, kildetabell 09000 (SSB), og deretter

behandlet, aggregert og fordelt på ulykkestyper A-L i Excel. Resultatet er satt opp i matrisetabell 4.

Tabell 4: Ulykkestyper med oppjustering

Ulykkestyper med oppjustering									
	Drept			Hardt skadd			Lettere skadd		
	Bil	MM	GS	Bil	MM	GS	Bil	MM	GS
A.	1	0	3	22	14	13,75	1430	227,2	184
B.	1	0	1	3	5	19,25	188	128	136
C.	0	0	0	5	5	0	34	9,6	0
D.	40	8	0	117	21	27,5	1238	115,2	216
E.	1	0	0	7	15	46,75	280	156,8	384
F.	1	1	0	5	18	63,25	560	236,8	744
G.	0	0	3	0	0	52	2	3,2	460
H.	0	0	8	0	0	29	4	0	271,2
I.	0	0	0	0	0	4	0	0	0
J.	15	10	2	125	55	16,5	1886	464	48
K.	0	1	1	7	10	22	128	208	112
L.	4	1	2	25	12	41,25	356	121,6	600
SUM	63	21	20	316	155	335,25	6106	1670,4	3155,2

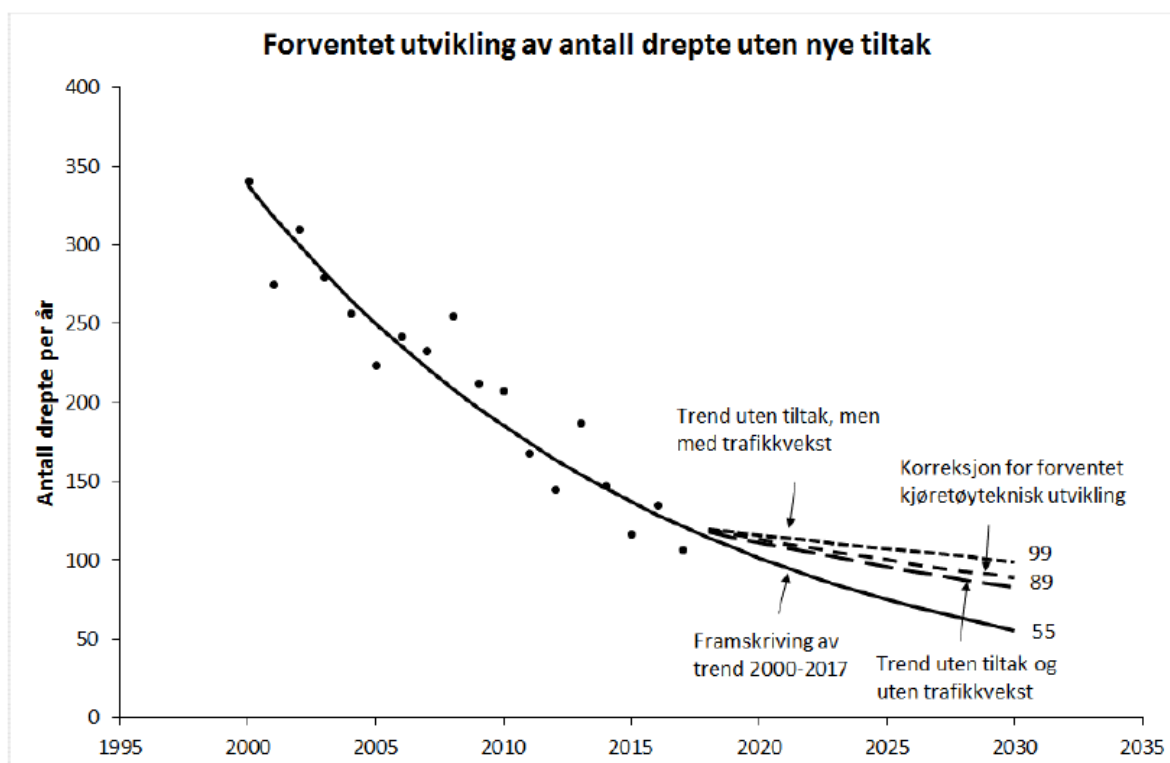
Ulykkestypene er definert slik:

- A. Påkjøring bakfra
- B. Andre ulykker med samme kjøreretning
- C. Møting ved forbikjøring
- D. Andre møteulykker
- E. Samme og motsatt kjøreretning med avsvinging
- F. Kryssende kjøreretning

- G. Fotgjenger krysset kjørebanel
 - H. Fotgjenger gikk langs eller oppholdt seg i kjørebanel
 - I. Akende o.l.
 - J. Enslig kjøretøy utfor veien
 - K. Enslig kjøretøy veltet i kjørebanel. Påkjøring av dyr, parkerte biler mv.
 - L. Andre ulykker
- (SSB)

Tallene ovenfor er ulykkesstatistikk korrigert for underrapportering. Disse tallene skal derfor gjenspeile det reelle ulykkesnivået på norske veger på en så god måte som mulig. Det er verdt å merke seg at uoppgitt skadegrad ikke er inkludert i beregningene mine. For 2017 utgjorde denne ulykkestypen 352 tilfeller. Selv om dette ikke er en ubetydelig post er den relativt liten sammenlignet med lettere skadd og kan anses som en del av usikkerheten knyttet til estimatet. Tilsvarende gjelder for trafikantgruppen «Andre trafikanter».

2017-statistikken ble valgt som grunnlag for beregningen og ikke et gjennomsnitt for flere år fordi ulykkesnivået har blitt kontinuerlig redusert de siste årene. TØI gjennomførte en beregningsteknisk prognose for antall drepte frem til 2030 og viste en relativt liten forskjell fra 2017 dersom en legger trendutvikling uten nye tiltak men med trafikkvekst til grunn (Elvik and Høye 2018). Forventet utvikling av antall drepte uten nye tiltak er vist i figur 19.



Figur 1: Utvikling i antall drepte i trafikken 2000-2017 og beregningsteknisk prognose.

Figur 19: Utvikling i antall drepte i trafikken fra 2000-2017 samt beregningsteknisk prognose frem til 2030 (Elvik and Høye 2018)

Med TØIs forventede utvikling, i kombinasjon med moderat økning i kjøretøykilometer basert på litteratur beskrevet i kapittel 3 anses 2017-tallene som et fornuftig beregningsgrunnlag.

Innledningsvis i kapittelet er reduksjonsfaktorene definert som pre-ulykker der AV er involvert. For å unngå at pre-ulykker som ikke involverer AV-teknologi blir medregnet i regnskapet har jeg laget reduksjonsfaktormatriser, tabell 5, for scenariene som knyttes opp mot de aggregerte gruppematrisene.

Tabell 5: Reduksjonsfaktormatrise for SC10, SC50 og SC100 fordelt på ulykkesgrupper

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
BIL	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,9	0,9	0,3
GS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3
MM	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
BIL	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,9	0,9	0,3
GS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3
MM	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
BIL	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,3
GS	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3
MM	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3

	SC10
	SC50
	SC100

Reduksjonsfaktorene som ble presentert i tabell 3 er benyttet i matrisen men korrigert der AV-teknologi ikke er involvert. For eksempel vil gruppe MM (motersykler og mopeder) i en ulykkestype J (enslig kjøretøy utenfor veien) ikke bli tilegnet noen reduksjon (reduksjonsfaktor 0). Det følger da at det er antatt at motorsykler og mopeder ikke blir automatiserte – slik automatisering er definert i denne oppgaven. Samtidig gis da ulykkestype J reduksjonsfaktoren 0,9 for gruppe Bil i alle scenarioer fordi AV da alltid er «forårsakende part» i pre-ulykken. Det presiseres her at det ikke er en reel ulykke, men en teoretisk situasjon basert på statistikken for 2017 som ville oppstått uten AV.

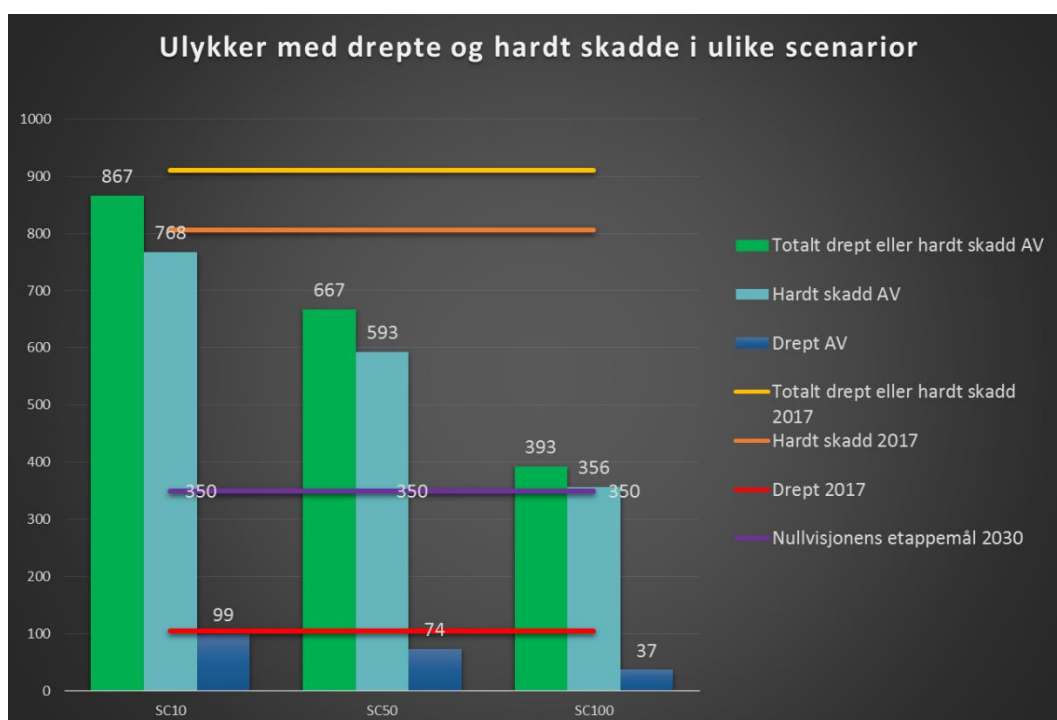
Faktoren 0,3 som blir benyttet for andre ulykker er relativt konservativt i forhold til de andre reduksjonsfaktorene for å ta hensyn til usikkerheten knyttet til type ulykke. Tilsvarende faktorverdi ble benyttet av Li (Li and Kockelman 2016) i en analyse av hver enkelt CAV-teknologis mulige påvirkning på ulike ulykkestyper i USA.

Resultatet viser en reduksjon av antall liv tapt i trafikkulykker med 5 personer for SC10, 30 for SC50 og 67 for SC100. For hardt skadde er tilsvarende tall for scenarioene henholdsvis 39, 213 og 450. Resultatet er oppsummert i tabell 6.

Tabell 6: Antall reduserte ulykker for SC10, SC50 og SC100

	SC 10%	SC 50%	SC 100%
Reduserte ulykker			
Redusert antall liv tapt	5	30	67
Redusert antall harde skader	39	213	450
Redusert lettere skader	564	3287	7134
Totalt antall reduserte skader og tapte liv	608	3530	7652

Tallene viser at selv med antakelsen om fullstendig eliminasjon av førerskyldte pre-ulykker der AV er involvert, vil ikke dette resultere i nullvisjonen. Dette skyldes at effekten ikke tilskrives alle trafikantgrupper (fotgjengere, syklister, akende, mopeder og motorsykler) og at teknologien ikke antas å forhindre andre ulykker enn førerskyldte. TØIs rapport om potensialet for å redusere drepte og hardt skadde viser til samme tankegang i tillegg til mulig atferdsendring og økt trafikkarbeid som følge av automatiserte biler (Elvik and Høye 2018). Beregningene i denne oppgaven av fremtidige årlige ulykker basert på ulykkesåret 2017 er oppsummert i figur 20.



Figur 20: Beregnede ulykker med drepte og hardt skadde for SC10, SC50 og SC100

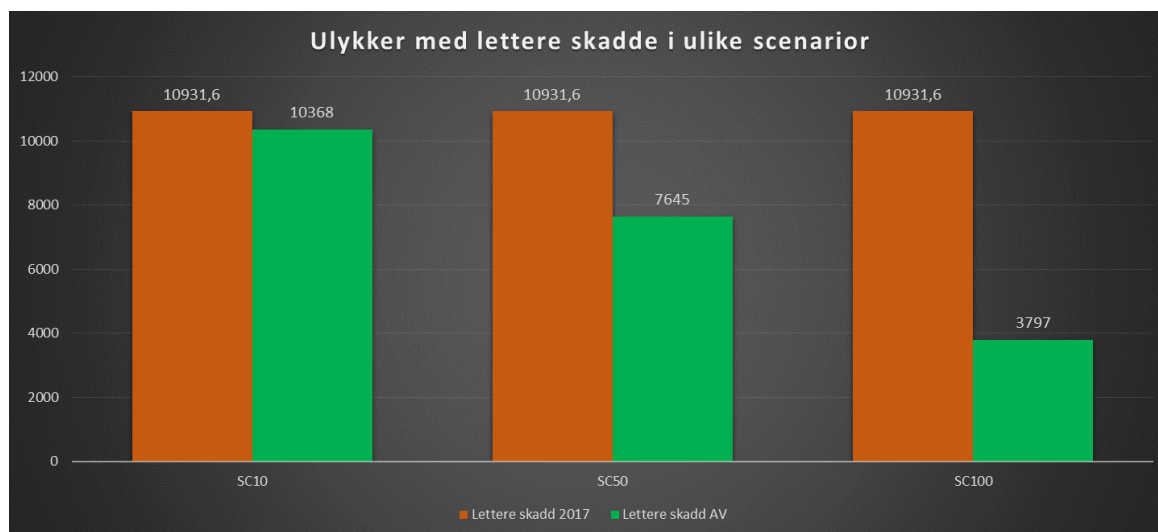
Ved utelukkende AV-teknologi som påvirkningsfaktor oppnås dermed ikke etappemålet på totalt 350 drept eller hardt skadde. Det er rimelig å anta at trafikksikkerhetsarbeidet på andre områder enn teknologi, som i TØIs rapport «Potensialet for å redusere antall drepte og hardt skadde i trafikken fram til 2030» (Elvik and Høye 2018), presentert i figur 21, vil fortsette og at dersom disse var tatt med i analysen gitt et mye bedre resultat.

Tabell S.1: Trafikksikkerhetstiltak som inngår i potensialberegningene.

Tiltak på vegnettet	Kjøretøytekniske tiltak	Kontrolltiltak mv.
Nye motorveger	Elektronisk stabilitetskontroll	Fartskontroll
Veger med midtrekkverk	Frontkollisjonsputer	Bilbeltekontroll
Forsterket midtoppmerking	Sidekollisjonsputer	Promillekontroll
Vegbelysning	Innebygd kollisjonsvern	Narkotikakontroll
Rundkjøringer	Fotgjengerbeskyttelse på biler	Kontroll av kjøre- og hviletid
Utbedring av gangfelt	Beltevarsler	Punkt-ATK
Fartsgrense fra 80 til 70 km/t	Autonom cruisekontroll	Streknings-ATK
	Nødbremseassistent	Økte gebyr og forenklede forelegg
	Feltskiftevarsler	Sikkerhetsstyring i transportbedrifter
	Fartsgrenseinformasjon	
	Automatisk ulykkesvarsling	
	Elektronisk førerkort	
	Raskere utskifting av bilparken	
	Komplett fornyelse av bilparken	
	Intelligent fartstilpasning	
	Alkolås	
	Bilbeltelås	

Figur 21: Trafikksikkerhetstiltak (Elvik and Høye 2018)

Antall ulykker med lettere skadde ifølge modellen er vist nedenfor i figur 22. Lettere skadde er ikke en del av nullvisjonen men benyttes i denne oppgaven som inngangsparametere i en økonomisk analyse av de totale kostnadsreduksjonene som følge av automatiserte kjøretøy.



Figur 22: Beregnet ulykker med lettere skadde for SC10, SC50 og SC100

5.1.3 Ulykkeskostnader av ulike bilparkandeler av AV

Ulykkeskostnadene er fordelt på to ulike komponenter: Realøkonomiske kostnader og en velferdseffekt. Den realøkonomiske delen omfatter medisinske kostnader, materielle kostnader, administrative kostnader og tap av produksjon og produktiv kapasitet. Disse kostnadene er direkte knyttet til ulykkene i form av materiale og arbeidstimer forårsaket av ulykken, samt påfølgende tap av arbeidsinnsats når ulykker fører til redusert arbeidsstyrke. Velferdseffekten er verdien av at ulykken blir forebygget definert ved betalingsvilligheten for redusert døds- og skaderisiko. Ulykkeskostnadene er hentet fra Transportøkonomisk Institutt[TØI] rapport 1053C(Veisten, Flügel et al. 2010).

Tabell 7: Ulykkeskostnader i 2017-kroner. Tilpasset fra TØIs rapport 1053C

Ulykkeskostnader (2017-kr) pr skadetilfelle etter skadegrad Justert lønnsindeks og KPI							
Ulykkestype og kostnadsart	Drept	Meget alvorlig skade	Hard skade	Alvorlig skade	Lettere skade	Kun materielle skader	
Realøkonomiske kostnader (ex post kostnad)	kr 5 277 163	kr 12 329 929	kr 6 907 485	kr 5 313 450	kr 188 548	kr 29 564	
Velferdseffekt (ex ante kostnad)	kr 33 661 395	kr 17 216 456	kr 6 732 279	kr 5 178 676	kr 602 115	kr -	
Total ulykkeskostnad	kr 38 938 558	kr 29 546 385	kr 13 639 764	kr 10 492 126	kr 790 663	kr 29 564	

Kostnadene er indeksregulert til 2017-kroner etter anbefalt metode fra TØI (Samstad, Killi et al. 2005). Lønnsindeks hentet fra Statistisk sentralbyrå statistikkbanktabell 09786 har blitt benyttet for å regulere total kostnad. Materielle kostnader er justert etter konsumprisindeksens undergruppe «Vedlikehold og reparasjon på verksted» fra statistikkbanktabell 03013(SSB).

Tabell 8: Ulykkeskostnader for SC10, SC50 og SC100. Realøkonomisk besparelse, velferdseffekt og total besparelse

	Andel autonome biler av bilparken		
	SC 10%	SC 50%	SC 100%
Reduserte ulykker			
Redusert antall liv tapt	5	30	67
Redusert antall harde skader	39	213	450
Redusert lettere skader	564	3287	7134
Totalt antall reduserte skader og tapte liv	608	3530	7652
Reduserte ulykkeskostnader			
Realøkonomisk besparelse dødsulykker	kr 26 174 726,79	kr 159 898 028,59	kr 354 625 330,74
Velferdseffekt dødsulykker	kr 166 960 520,13	kr 1 019 940 274,16	kr 2 262 045 756,55
Realøkonomisk besparelse harde skader	kr 266 991 555,54	kr 1 472 244 037,76	kr 3 109 231 587,57
Velferdseffekt harde skader	kr 260 219 415,49	kr 1 434 901 123,32	kr 3 030 367 101,68
Realøkonomisk besparelse lettere skader	kr 106 338 936,96	kr 619 746 706,43	kr 1 345 155 838,79
Velferdseffekt lettere skader	kr 339 585 578,46	kr 2 269 458 968,44	kr 4 607 145 382,59
Realøkonomisk besparelse totalt	kr 399 505 219,30	kr 2 251 888 772,78	kr 4 809 012 757,10
Totalt reduserte ulykkeskostnader	kr 1 166 270 733,37	kr 6 976 189 138,70	kr 14 708 570 997,92

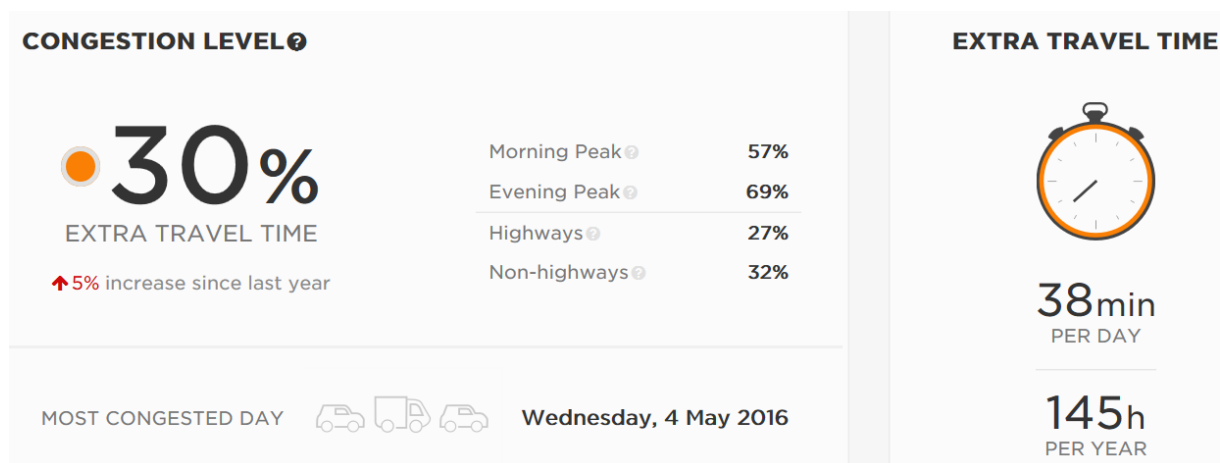
- I SC10 scenarioet er de realøkonomiske besparelsene på grunn av reduserte dødsulykker **26,175 millioner** kroner. For harde skader er besparelsen **266,960 millioner** kroner og for lettere skader **106,339 millioner** kroner. De totale reduserte ulykkeskostnadene inkludert velferdseffekter er **1,166 milliarder** kroner.
- I SC50 scenarioet er de realøkonomiske besparelsene på grunn av reduserte dødsulykker **159,898 millioner** kroner. For harde skader er besparelsen **1,472 milliarder** kroner og for lettere skader **619,747 millioner** kroner. De totale reduserte ulykkeskostnadene inkludert velferdseffekter er **6,976 milliarder** kroner.
- I SC100 scenarioet er de realøkonomiske besparelsene på grunn av reduserte dødsulykker **354,625 millioner** kroner. For harde skader er besparelsen **3,109 milliarder** kroner og for lettere skader **1,345 milliarder** kroner. De totale reduserte ulykkeskostnadene inkludert velferdseffekter er **14,708 milliarder** kroner.

5.2 Kjø

5.2.1 Kjø i Norge

Det er ikke funnet offisielle og godt dokumenterte tall for gjennomsnittlig tid tilbragt i kjø for nordmenn på landsbasis og det har vært vanskelig å innhente data for kjø som er anvendelig i denne oppgaven. Informasjon og data som er funnet blir presentert her.

TomTom produserer GPS-navigatører og er leverandør av geodata og har i 6 år publisert TomTom Traffic Index (2018) som viser informasjon om kjø i urbane områder for biltrafikk. 390 byer i 48 land blir kartlagt og tall for gjennomsnittlig reisetid i forhold til generell reisetid uten kjø blir presentert. Oslo er den eneste norske byen som er representert og Oslobeboere bruker 30% ekstra reisetid på en gjennomsnittlig tur i forhold til reisetid uten kjø ifølge TomToms kartlegging. Dette tilsvarer 38 minutter hver dag. Kartleggingen viser også nivå av kjø for morgen- og ettermiddagsrush og er vist i figur 23.



Figur 23: TomToms oversikt over kjø i Oslo

Salmon (2012) beskriver ulike problemer med å måle kjø slik TomTom gjør. Det pekes blant annet på at TomTom bare kan benytte målinger fra kjøretøy som har installert deres navigasjonsenheter, og at dette neppe er en representativ gruppe for en hel by. Videre hentes dataen kun når disse er skrudd på og benyttet (blir neppe benyttet til hverdagsreiser som for eksempel levering av barn på skolen). Hovedvekten av dataen blir dermed for reiser der sjåføren ikke vet hvilken rute som er fornuftig å velge og han påpeker derfor at vektningen blir feil.

INRIX Global Traffic Scorecard (Cookson 2018) er en annen tilsvarende studie som rangerer byer etter køproblematikk og viser antall timer tilbragt i kø. Mer enn 2 milliarder datapunkter blir innhentet hver dag fra mer enn tre millioner enheter (kjøretøy og mobiler) på over 8 millioner kilometer vei via GPS.

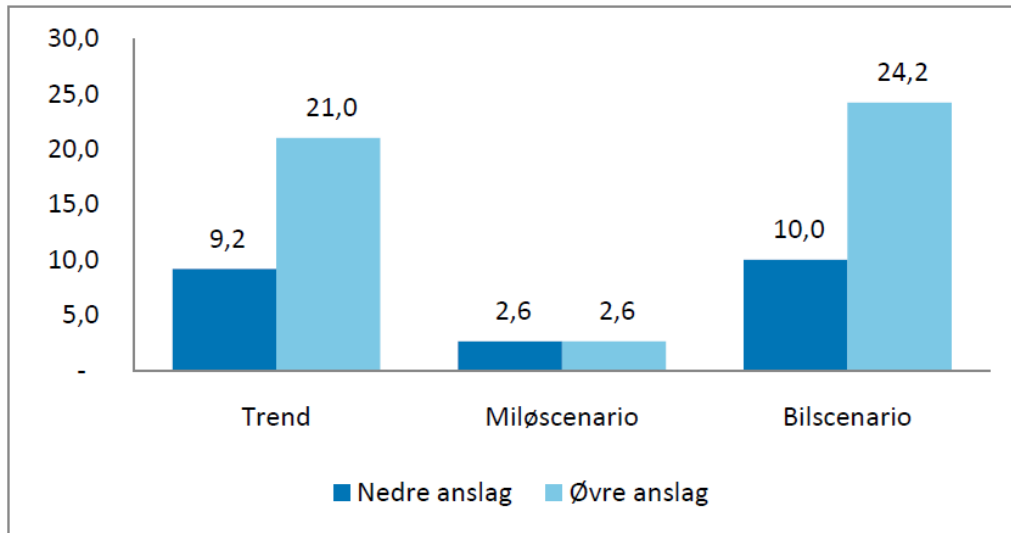
I følge studien er det gjennomsnittlige tiden i løpet av et år en sjåfør bruker i kø i rushtiden 26 timer i Norge. Dette er basert på 240 dager befolkninger pendler. For Oslo er antall timer beregnet til 46, som gir 11,5 minutter på dagsbasis. I figur 24 kan en se resultater fra en knippe utvalgte byer i Norge.

CITY	2017 ALL CITIES RANK (2016) <small>∨</small>	2017 INRIX TRAFFIC SCORECARD RANK (2016) <small>∨</small>	HOURS SPENT IN CONGESTION <small>^</small>
 Oslo	53 (45)	35 (34)	 46
 Stavanger	244 (163)	–	 27
 Skien	403 (–)	–	 22
 Drammen	431 (336)	–	 21
 Bergen	432 (427)	–	 21
 Haugesund	943 (–)	–	 10
 Hamar	998 (824)	–	 9
 Arendal	1028 (773)	–	 9
 Sandefjord	1153 (950)	–	 7

Figur 24: Inrix oversikt over kø i utvalgte byer (Inrix 2017)

Også denne studien blir kritisert for å være mangelfull og gi et feilaktig og overdrevet inntrykk av kø. En av hovedankepunktene presentert av Cortwright (Cortwright 2017) ved tenketanken City Observatory er at kø blir definert som fart under 65% av fri-flyt-fart (ikke fartsgrensen). Kø er dermed delvis bestemt ut i fra manglende mulighet for å bryte fartsgrensen i studien til Inex.

I 2011 utarbeidet Urbanet Analyse en rapport for KS Kommunesektorens interesse- og arbeidsgiverorganisasjon om tre ulike scenarioer frem mot 2030 (Norheim, Ruud et al. 2011). Basert på prognoser for befolkningsvekst og velstandsutvikling ble det blant annet anslått merkostnader for kø i 2030.



S-figur 2: Økte køkostnader (i forhold til 2010) dersom kapasiteten i transportsystemet ikke økes. Mrd kr per år. Nedre anslag= kjøretidselastisitet på 1, Øvre anslag=kjøretidselastisitet på 2,5. Samlet for ni byområder (Oslo-regionen, Bergens-området, Trondheims-området, Nord-Jæren, Kristiansand-regionen, Drammens-regionen, Tromsø, Nedre Glomma og Grenland).

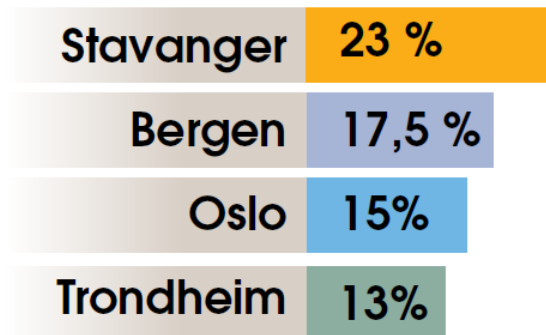
Figur 25: Nedre og øvre anslag for økte kø-kostnader i 2030 (Norheim, Ruud et al. 2011, s. 11)

Trendscenarioet er det som ble ansett som mest sannsynlig av scenarioene og anslår som nedre grense 9,2 milliarder kroner i økte kostnader for ni store byområder i Norge dersom det ikke blir foretatt investeringer i takt med trafikkutviklingen. Den øvre grensen ble anslått til 21 milliarder økte køkostnader. Disse tallene tilkommer de eksisterende kostnadene i 2010 på 11,5 milliarder krone, det vil si totalt 19,7 milliarder som nedre grense og 32,5 milliarder som øvre grense. Albert Ruud, en av forfatterne, påpeker videre at dette kun er beregninger av enkeltpersonenes prising av egen tid og at næringslivets kostnader kommer i tillegg (VG 2011). Samme år som rapporten ble utarbeidet anslo Bergen Næringsråd at næringslivet bare i Bergen tapte 3,8 milliarder på grunn av forsinkelser og at dette var et forsiktig anslag (Mæland 2011).

På oppdrag fra Norges Automobil-Forbund (NAF) gjennomførte TNS Gallup i 2013 en undersøkelse av hverdagsreiser for nordmenn. Undersøkelsen viste at vi daglig reiser 32 kilometer og bruker 48 minutter på hverdagsreiser (NAF 2013). For bilister er den

gjennomsnittlige reisetiden 49 minutter hver dag. Gjennomsnittlig tid tilbragt i kø i de fire største byene i Norge er vist i figur 26.

Prosent av reisetiden som tilbringes i kø daglig i de fire største byene



TNS Gallup/NAF

Figur 26: Prosentvis reisetid som tilbringes i kø i de fire største byene (NAF 2013)

Det er liten forskjell mellom bilreiser og kollektivreiser når det gjelder kø. I minutter er tid i kø henholdsvis 9.21, 8.37, 7.88, og 5.52 for Stavanger, Bergen, Oslo og Trondheim. Gjennomsnittet for landet er ca. 7 minutter.

I rapporten utarbeidet av NAF er det også gjennomført en beregning av køkostnader basert på tall fra Reisevaneundersøkelsen og Den norske verdsettingsstudien (TØI), trafikkdata (NVDB/SSB), NAFs undersøkelse om hverdagsreisen (TNS Gallup), Håndbok 140 og trafikkvekstprognoser (SVV) og Fremkommelighetsundersøkelser for bil i Oslo og Akershus (PROSAM).

Køkostnaden bare i Oslo ble i 2013 anslått til 6,6 milliarder årlig og at denne ville øke til 20 milliarder i 2030, gitt at tiltak ikke gjøres. Disse kostnadene skriver seg først og fremst til tapt arbeidstid og forsinket levering av varer og tjenester, mens miljøkostnader ikke var medberegnet. NAF mente derfor at den anslåtte kostnaden var å betrakte som en mild underdrivelse (Hammerstad and Krekling 2013) For hele Norge var kostnaden i 2013 41,7 milliarder ifølge NAF-leder Stig Skøstad (NAF 2013).

5.2.2 Scenarioanalyse av ulike bilparkandeler AV

Når de to globale studiene av kø som er gjennomført av TomTom og Inrix gir to så forskjellige inntrykk av køproblemer, og de i tillegg kritiseres for å i verste fall gi veldig feil resultater blir det vanskelig å benytte dette som grunnlag for å selv beregne kostnader.

Det norske tallgrunnlaget som er funnet er noe gammelt og spriker i anslag og hva som er inkludert i kostnadene. I tillegg er litteraturen svært uenig om reduksjonene av kø en kan forvente seg som følge av AV. I kombinasjon med en rekke ulike mulige mobilitetsløsninger for fremtiden gjør dette det vanskelig å gjennomføre en fornuftig samfunnsøkonomisk analyse av kostnader for ulike andeler AV. Det er derfor ikke gjennomført noen grundig analyse av dette i denne oppgaven, men heller kun gitt reduksjoner på hvert anslag beskrevet i kapittel 4.2.1 som illustrerende eksempler. Prosentvise reduksjoner av kø som er valgt for anslagene er hentet fra samme artikkel som ble benyttet som utgangspunkt for scenarioanalysen av ulykker. Som for scenarioanalysen av ulykker er scenarioene benevnt SC10, SC50 og SC100 for henholdsvis 10%, 50% og 100% AV. Artikkelen anslår 15%, 35% og 60% for de tre scenarioene og er beskrevet nærmere i kapittel 3.3.

Tall er indeksregulert i henhold til konsumprisindeksen (SSB 2018) og gitt i 2017-kroner.

Tabell 9: Reduserte køkostnader for 3 ulike bilparkandeler av AV: SC10, SC50 og SC100

	Anslag kilde i 2017kroner	SC10	SC50	SC100 (90 i artikkelen)
Reduksjoner av kø		-15 %	-35 %	-60 %
Kø Oslo (NAF) 2013	kr 7 260 688 217	kr -1 089 103 233	kr -2 541 240 876	kr -4 356 412 930
Kø Oslo (NAF) 2013	kr 22 002 085 506	kr -3 300 312 826	kr -7 700 729 927	kr -13 201 251 304
Kø Norge (NAF) 2013	kr 45 874 348 279	kr -6 881 152 242	kr -16 056 021 898	kr -27 524 608 967
Kø NG Norge (Urbanet) 2030	kr 22 566 232 356	kr -3 384 934 853	kr -7 898 181 325	kr -13 539 739 414
Kø ØG Norge (Urbanet) 2030	kr 37 228 555 917	kr -5 584 283 388	kr -13 029 994 571	kr -22 337 133 550

- For SC10 på landsbasis er laveste reduksjon av kostnader på **3,384 milliarder** kroner årlig i 2030. Høyeste reduksjon er **6,881 milliarder** kroner basert på 2013-kostnadene fra NAF.
- For SC50 på landsbasis er laveste reduksjon av kostnader på **7,898 milliarder** kroner årlig i 2030. Høyeste reduksjon er **16,056 milliarder** kroner basert på 2013-kostnadene fra NAF.
- For SC100 på landsbasis er laveste reduksjon av kostnader på **13,540 milliarder** kroner årlig i 2030. Høyeste reduksjon er **27,525 milliarder** kroner basert på 2013-kostnadene fra NAF.

I tillegg er det i kapittel 3.3 vist til at kø og forsinkelse ikke nødvendigvis er en fornuftig parameter for å vurdere tidsverdier i en fremtid med AV. I en situasjon der andre aktiviteter som å jobbe eller sove kan foretas i automatiserte kjøretøy kan køkostnadene som funksjon av verdi på egentid elimineres. For NAFs påståtte kostnaden av kø i 2013 gir dette en besparelse på **45,874 milliarder** kroner i 2017-kroner.

6.0 Diskusjon

6.1 Forskningsspørsmål 1

Det første forskningsspørsmålet som ble stilt var hva litteraturen sier om virkningene på trafiksikkerheten og kø som følge av en fremtid med automatiserte kjøretøy. Dette er allerede diskutert ved selve litteraturstudien i kapittel 2.

Kort oppsummert var hovedtrekkene ved litteraturen om trafiksikkerhet at mange kilder viste til proporsjonal reduksjon av ulykker med andel førerskyldte ulykker. For kø var hovedtrekkene liten eller negative forandringer for lav andel automatiserte kjøretøy i blandet trafikk, men stort sett positive estimer for større andeler AV.

Samtlige kilder hadde noe ulik beskrivelse og tolkning av hvordan den fremtidige situasjonen med AV så ut. Noen undersøkte en fremtid med oppkoblede kjøretøy andre uten noen V2X-teknologi. Andre igjen presiserte ikke dette. Enkelte studier inkluderte mulighet for

platooning, mens andre ikke gjorde det. I kombinasjon med ulike antakelser om mobilitetsløsninger er det vanskelig å direkte sammenligne disse med hverandre.

Det kan derfor sies at det hadde vært en fordel i større grad å konkretisere type kjøretøy. Sammenligningsgrunnlaget hadde blitt bedre dersom et dypdykk innen et snevrere felt hadde blitt foretatt, og kanskje en mer konkret vurdering kunne blitt gjort av mulige fremtidige virkninger.

Samtidig har målet til denne oppgaven vært å gi et helhetlig bilde av det som for mange er en uoversiktlig og fremmed tematikk. Ved å omfavne et bredt spekter av litteraturens ulike tilnærminger gir oppgaven et helhetlig bilde, men kunne vært spisset noe mer for å få en dypere forståelse.

6.2 Forskningsspørsmål 2

Det andre forskningsspørsmålet var hvordan virkningene av trafikksikkerhet og kø ville påvirke det norske samfunnet. For å svare på dette ble teorien anvendt på norske forhold og med egne antakelser i egne analyser. Resultatene fra analysene i kapittel 5 kan omtales som positive.

Enhver reduksjon av tapte menneskelig og harde skader er ønskelig. Ved den laveste AV-andelen var reduserte antall liv 5 og reduserte antall harde skader 39. Når hele bilparken består av AV unngås 67 tapte liv og 450 harde skader.

Det er viktig å sammenligne disse reduksjonene med riktig grunnlag. De reduserte ulykkene er i forhold til oppjusterte offisielle tall for å ta høyde for underrapportering. Det medfører at reduksjonene blir større prosentvis dersom en sammenligner med offisielle rapporter. Riktig sammenligningsgrunnlag fremkommer i analysen. Likevel gir dette et riktigere anslag av de faktiske reduksjonene enn om statistikken ikke var oppjustert. I og med at oppblåsningsfaktorene som ble benyttet var det laveste av to kilder kan det argumenteres at reduksjonene kan være større.

De reduserte kostnadene på grunn av færre ulykker ble deretter beregnet. De totale reduksjonene var kr **1 166 270 733** for SC10, kr **6 976 189 138** for SC50 og kr **14 708 570 997** for SC100.

Besparelser for redusert kø ble deretter spekulativt anslått i kapittel 5.2.2. Dersom en eksempelvis kombinerer de laveste estimatene for besparelse i SC10 fra både reduserte kø- og ulykkeskostnader får en omtrent **4,5 milliarder** kroner. Ved å tilsvarende kombinere de høyeste estimatene i SC100 får en omtrent **42 milliarder** kroner. Ved å anta at full besparelse for hele reisetiden på grunn av muligheten til å drive andre aktiviteter i kombinasjon med maksimale besparelser på grunn av reduserte ulykker, får en det høyeste anslaget, omtrent **60,5 milliarder** kroner. Dersom en legger denne logikken til grunn vil de reduserte kostnadene bli enda større på grunn av at kostnad for reisetid utenom kø også vil bli redusert. Dette er ikke undersøkt i denne oppgaven.

I tillegg tilkommer en rekke mulige besparelser og kostnader som ikke er beskrevet i denne oppgaven. Det kan for eksempel tenkes besparelser på grunn av minsket drivstofforbruk, bedre arealutnyttelse, mindre behov for nye veginvesteringer, positiv miljøpåvirkning, bedre utnyttelse av varetransport og billigere/ingen bilforsikringer.

En kan også tenke seg negative konsekvenser for andre: Tapte penger for legemiddelnæringen, ansatte mister jobben i enkelte næringer, renholdskostnader for delte kjøretøy blir store, og konsekvenser for oljenæringen.

En del av kostnadsreduksjonene som er presentert i denne oppgaven vil kunne bli realisert uten automatisering på nivå 4 eller 5 som ble forutsatt i analysen. Enkeltsystemenes individuelle påvirkning, som ikke ble undersøkt, vil sannsynligvis kunne bidra til redusert antall ulykker slik det historisk sett har vært med sikkerhetssystemer og –tiltak.

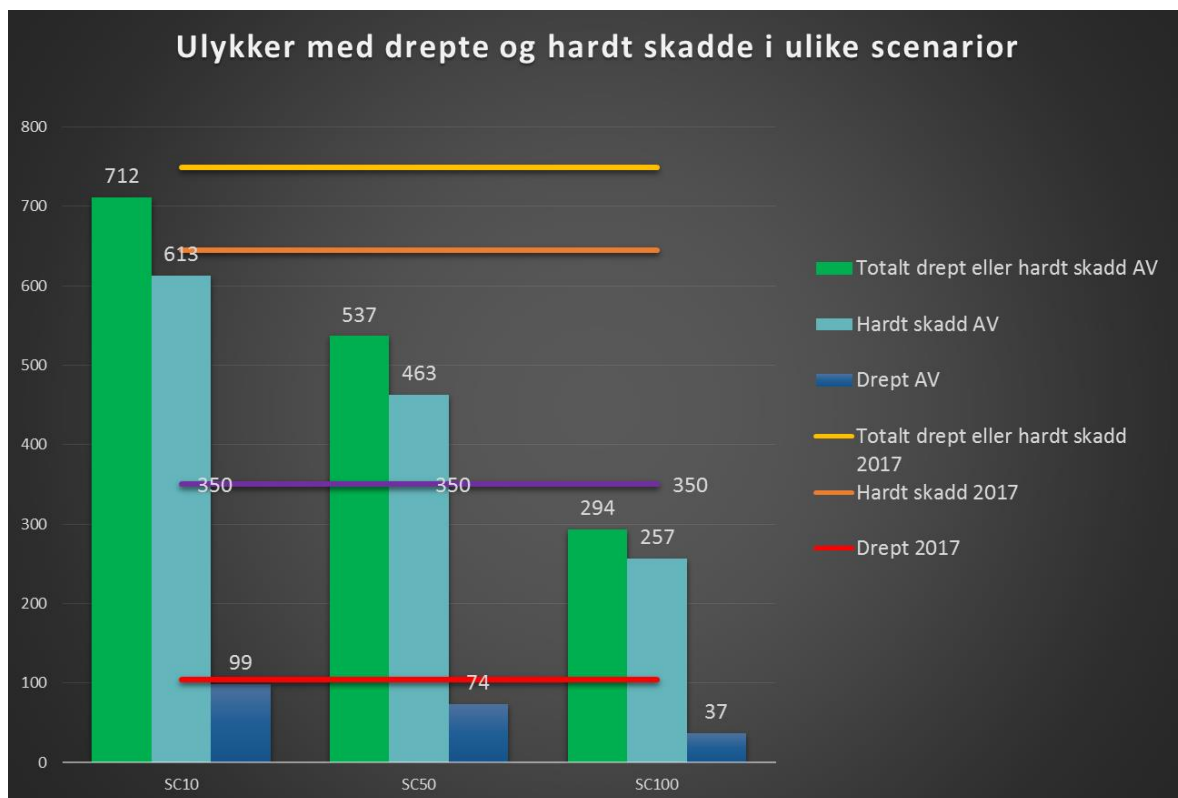
Denne oppgaven undersøker imidlertid kun effekten av høyt/fullt automatiserte kjøretøy i forhold til dagens situasjon, ikke som motpol til kjøretøy med betinget automatisering. Det innebærer at de totale reduserte ulykkeskostnadene kan argumenteres å være et misvisende estimat dersom en skal fremheve fordelene med full automatisering. Dette er en viktig distinksjon; sammenligningsgrunnlaget er avgjørende for fortolkningen. Estimater bør heller tolkes som summen av effekten til hver enkelt teknologi som er nødvendig for å kategorisere et kjøretøy på nivå 4 eller 5, samt eventuell synergieffekt mellom de enkelte førerstøttesystemene ved automatiserte kjøretøy.

Analysedelen av denne oppgaven bygger på mange antakelser og mulige feilkilder. Disse er beskrevet tidligere. Analysen gir likevel et godt bilde på at det kan være mulig å høste store samfunnsmessige gevinster som følge av automatiserte kjøretøy.

6.3 Forsknings spørsmål 3

Det tredje og siste forsknings spørsmålet mitt var hvorvidt nullvisjonen kan oppnås med automatiserte kjøretøy. Analysen i kapittel 5.1.2 viste at nullvisjonen ikke oppnås og at selv ikke for scenarioet med 100% AV ville etappemålet på maksimalt 350 drepte eller hardt nås. Forskjellen mellom resultatet for SC100 og etappemålet var 43.

Dersom en derimot legger til grunn at andre og nye virkemidler for å redusere ulykker blir implementert, som ikke omfattes av AV og derfor får tilleggseffekt, virker det sannsynlig at målet kan nås. Videre er tallene for SC100 justert for underrapportering, mens etappemålet bygger på offisiell ulykkesstatistikk (Elvik and Høye 2018). 2.75 ble benyttet som oppblåsningsfaktoren for sykkel. Dersom en oppblåsningsfaktor ikke hadde blitt benyttet ville de totalt drept eller skadd i SC100 vært 294, godt over nullvisjonen men godt under etappemålet for 2030 som vist i figur 27.



Figur 27: Ulykker med drepte og hardt skadde i ulike scenarior uten oppblåsningsfaktor

7.0 Konklusjon

Det er i denne oppgaven forsøkt å gi et helhetlig bilde av automatiserte kjøretøy og videre en god innsikt i mulige virkninger slike kjøretøy kan ha for trafiksikkerhet og kø. Både generelt, uavhengig av land, og mer spesifikt for norsk veitrafikk og samfunn. Virkningene er deretter kvantifisert ved hjelp av analyser og så diskutert. Resultatet av ulykkesanalysen ble deretter sett i sammenheng med nullvisjonen. Forskningsspørsmålene som dannet grunnlaget for oppgaven var:

- 1) Hva sier litteraturen om virkningene på trafiksikkerhet og kø som følge av en fremtid med automatiserte kjøretøy?
- 2) Hvordan vil disse påvirke det norske samfunnet?
- 3) Kan nullvisjonen oppnås med automatiserte kjøretøy?

Funnene i oppgaven viser at det er mulig at automatiserte kjøretøy får stor påvirkning på samfunnet vårt.

Underveis i oppgaven har ordene antakelser, forenklinger og usikkerhet blitt benyttet flere ganger. Oppgavens art medfører at dette er naturlig. Oppsummert må det tas svært mange forbehold om tallene som er presentert for reduserte køutgifter som følge av AV. Analysen viser derfor først og fremst at dette er et område der man må være svært forsiktig med å gi sikre anslag. Det interessante er likevel at i de mest optimistiske anslagene er det snakk om relativt store beløp i sparte kostnader.

Dersom virkningene som er avdekket i oppgaven blir gjeldende kan en forvente at automatiserte kjøretøy også vil påvirke andre områder som berøres av transportsektoren. Det anbefales derfor videre arbeid med en helhetlig forståelse av enda flere sentrale virkninger. I og med at det er rask utvikling innen tematikken anbefales det videre en dynamisk metodikk som er mulig å oppdatere når det kommer endringer.

Alt i alt er en fremtid med automatiserte kjøretøy spennende, om enn virkningene fortsatt er vanskelige å forutsi i detalj.

Kilder

Aas, H., et al. (2009). Myter og fakta om køprising.

Arbib, J. and T. Seba (2017). "Rethinking Transportation 2020–2030." RethinkX, May.

Atiyeh, C. (2012). "Predicting traffic patterns, one Honda at a time." MSN Auto, June 25.

Atkins Research on the Impacts of Connected and Autonomous Vehicles (CAVs) on Traffic Flow.

Begg, D. (2014). "A 2050 Vision for London: What are the implications of driverless transport?".

Bierstedt, J., et al. (2014). "Effects of next-generation vehicles on travel demand and highway capacity." FP Think Working Group: 10–11.

Blanco, M., et al. (2015). Human factors evaluation of level 2 and level 3 automated driving concepts.

Calthorpe, P. and J. Walters (2017). "Autonomous Vehicles: Hype and Potential." Retrieved 02.11, 2018, from <https://urbanland.uli.org/industry-sectors/infrastructure-transit/autonomous-vehicles-hype-potential/>.

Campbell, J. L., et al. (2018). Human factors design guidance for level 2 and level 3 automated driving concepts.

Claypool, H., et al. (2017). Self-driving cars: The impact on people with disabilities. Ruderman Family Foundation.

Cookson, G. (2018). Global Traffic Scorecard, Technical report, INRIX.

Cortwright, J. (2017). "Yet another flawed congestion report from Inrix." Retrieved 03.11, 2018, from <http://cityobservatory.org/yet-another-flawed-congestion-report-from-inrix/>.

Cottam, B. J. (2018). "Transportation Planning for Connected Autonomous Vehicles: How It All Fits Together." Transportation Research Record: 0361198118756632.

Deloitte (2017). Car Sharing in Europe.

Dennis, P. E., et al. (2017). Planning for Connected and Automated Vehicles.

DuPuis, N., et al. (2015). "City of the Future: Technology and Mobility." Center for City Solutions and Applied Research, National League of Cities 31.

Elvik, R. and A. Høye (2018). Potensialet for å redusere antall drepte og hardt skadde i trafikken frem til 2030.

Fagnant, D. J. and K. Kockelman (2015). "Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations." Transportation Research Part A: Policy and Practice 77: 167–181.

Fagnant, D. J. and K. M. Kockelman (2018). "Dynamic ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin, Texas." Transportation 45(1): 143–158.

Fernandes, P. and U. Nunes (2012). "Platooning with IVC-enabled autonomous vehicles: Strategies to mitigate communication delays, improve safety and traffic flow." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 13(1): 91–106.

Forskningsrådet (2017). Transport 2025, Norges forskningsråd.

Friedrich, B. (2016). The effect of autonomous vehicles on traffic. Autonomous Driving, Springer: 317–334.

Garathun, M. G. (2015). "Gir mer vei mer kø?". Retrieved 29.01, 2018, from <https://www.tu.no/artikler/bedre-veier-gir-alltid-mer-ko/223850>.

Giæver, T. and A. Aakre (2004). "Fremkommelighet i høytrafikkerte gater: betydning av reduserte fartsgrenser."

GoogleTrends (2018). "Googel Trends Autonomous vehicles siste 5 år." Retrieved 25.10, 2018, from <https://trends.google.com/trends/explore?date=today%20-y&q=autonomous%20vehicles>.

Guo, T. (2017). Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) in the Context of Vehicle to Vehicle Communications : An Overview September 2017 The National Center for Sustainable Transportation Undergraduate Fellowship Report.

Hammerstad, K. and D. V. Krekling (2013). "Prisen på køkaoset i 2030: 76 millioner kroner." from <https://www.nrk.no/valg2013/ko-koster-76-mill.-per-dag-i-2030-1.11201678>.

Hars, A. (2016). "Top misconceptions of autonomous cars and self-driving vehicles."

Hawkins, A. J. (2018). "Elon Musk still doesn't think LIDAR is necessary for fully driverless cars." Retrieved 20.10, 2018, from <https://www.theverge.com/2018/2/7/16988628/elon-musk-lidar-self-driving-car-tesla>.

HEATCO (2006). Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment.

Heineke, K., et al. (2017). "Self-Driving Car Technology: When Will the Robots Hit the Road?" McKinsey Global Institute. www. mckinsey. com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/self-driving-car-technology-when-will-the-robots-hit-the-road.

Heinrichs, D. (2016). Autonomous driving and urban land use. Autonomous Driving, Springer: 213-231.

Hietanen, S. "Mobility as a Service."

Hughes, J. (2017). "Car Autonomy Levels Explained." Retrieved 12.10, 2018, from <http://www.thedrive.com/sheetmetal/15724/what-are-these-levels-of-autonomy-anyway>.

Høyе, A., et al. (2012). Trafikksikkerhetshåndboken, Transportøkonomisk institutt.

Inrix (2017). "INRIX Global Traffic Scorecard." Retrieved 01.11, 2018.

International, S. (2016). Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles, SAE International Warrendale, PA.

Jones, B. (2018). "You can absolutely be superhuman with just cameras." Retrieved 20.10, 2018, from <https://futurism.com/elon-musk-lidar-tech-autonomous-vehicles/>
<https://www.theverge.com/2018/2/7/16988628/elon-musk-lidar-self-driving-car-tesla>.

Jordbakke, A., et al. (2017). Hvordan utnytte potensialet i selvkjørende kjøretøy – scenarioanalyse av selvkjørende kjøretøys betydning for mobilitet i Oslo og Akershus.

Kalra, N. and D. G. Groves (2017). The Enemy of Good: Estimating the Cost of Waiting for Nearly Perfect Automated Vehicles, Rand Corporation.

Kerr, T. (2017). "How autonomous cars map the environment." Retrieved 20.10, 2018, from <https://www.smallworldsocial.com/how-autonomous-cars-map-the-environment/>.

Kockelman, K. (2017). An Assessment of Autonomous Vehicles: Traffic Impacts and Infrastructure Needs--final Report, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin.

Kockelman, K., et al. (2016). Implications of connected and automated vehicles on the safety and operations of roadway networks: A final report.

Langeland, O. and T. E. Julsrud (2018). "Bildeling og framtidige mobilitetsløsninger." Retrieved 12.09, 2018, from <https://samferdsel.toi.no/forskning/bildeling-og-framtidige-mobilitetslosninger-article33814-2205.html>.

Li, T. and K. M. Kockelman (2016). Valuing the safety benefits of connected and automated vehicle technologies. Transportation Research Board 95th Annual Meeting.

Lindseth, E. M. (2017). Trafikkavvikling med selvkjørende biler i blandet trafikk, NTNU.

Litman, T. (2017). Autonomous vehicle implementation predictions, Victoria Transport Policy Institute.

Mariussen, M., et al. (2018). Ny teknologi og utforming – Mulige virkninger av selvkjørende kjøretøy for krav til utforming av nye vegger.

Martinez, L. and P. Crist (2015). Urban Mobility System Upgrade–How shared self-driving cars could change city traffic. International Transport Forum, Paris.

Maurer, M., et al. (2016). Autonomous driving, Springer.

Mckinsey&Company (2016). An integrated perspective on the future of mobility. McKinsey%Company, Bloomberg New Energy Fincance.

Mckinsey&Company (2017). "Self-driving car technology: When will the robots hit the road?". Retrieved 15.09, 2018, from <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/self-driving-car-technology-when-will-the-robots-hit-the-road>.

McLellan, C. (2018). "What is V2X communication? Creating connectivity for the autonomous car era." Retrieved 24.10, 2018, from <https://www.zdnet.com/article/what-is-v2x-communication-creating-connectivity-for-the-autonomous-car-era/>.

Mogridge, M. J. H. (1997). "The self-defeating nature of urban road capacity policy: A review of theories, disputes and available evidence." Transport Policy 4(1): 5–23.

Mæland, P. A. (2011). "Annenhver bedrift taper penger på kø." from <https://www.aftenposten.no/norge/i/Wb4nQ/Annenhver-bedrift-taper-penger-pa-ko>.

NAF (2013). Folkets Transportplan 2014 – 2023.

NAF (2013). "Kø koster 41,7 milliarder i året." Retrieved 18.10, 2018, from <https://www.naf.no/kontakt-oss/pressekontakter/pressemeldinger/ko-koster-417-milliarder-i-aret/>.

Norheim, B., et al. (2011). Kollektivtrafikk, veiutbygging eller kaos? Scenarier for hvordan vi møter framtidens transportutfordringer, UrbanetAnalyse

OECD/ITF (2016). Shared Mobility: Innovation for Liveable Cities, International Transport Forum Paris.

Papadoulis, A., et al. (2018). Estimating the Corridor-Level Safety Impact of Connected and Autonomous Vehicles.

Papathanassiou, A. and A. Khoryaev (2016). "Cellular V2X as the essential enabler of superior global connected transportation services." IEEE 5G Tech Focus 1(2).

PricewaterhouseCoopers, L. (2013). Analyst Note, Autofacts, Look Mom, No Hands!, Feb 2013.

Renesas (2016). ADAS Safety Focus: Around View Systems.

Rudolph, G. and U. Voelzke (2017). "Three Sensor Types Drive Autonomous Vehicles." from <https://www.sensorsmag.com/components/three-sensor-types-drive-autonomous-vehicles>.

Ruter (2017). H2017 – Handlingsprogram med økonomiplan 2017–2020.

Salmon, F. (2012). "The problems with measuring traffic congestion." from <http://blogs.reuters.com/felix-salmon/2012/10/17/the-problems-with-measuring-traffic-congestion/>.

Samferdselsdepartement (2016). FoU-Strategi for Samferdselsdepartementet for 2016–2022.

Samferdselsdepartement, D. (2017). "Meld. St. 33 Nasjonal Transportplan 2018–2029." Oslo, Norway.

Samferdselsdepartementet (2018). "Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy." Retrieved 16.10, 2018, from <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-12-15-112>.

Samstad, H., et al. (2005). Nyttekostnadsanalyse i transportsektoren: parametre, enhetskostnader og indekser, Transportøkonomisk institutt.

Schoettle, B. and M. Sivak (2014). "A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the US, the UK, and Australia."

Shladover, S., et al. (2012). "Impacts of cooperative adaptive cruise control on freeway traffic flow." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board(2324): 63–70.

Sivak, M. and B. Schoettle (2015). "Influence of current nondrivers on the amount of travel and trip patterns with self-driving vehicles." Michigan: University of Michigan Transportation Research Institute.

Sivak, M. and B. Schoettle (2015). "Road safety with self-driving vehicles: General limitations and road sharing with conventional vehicles."

SSB. "Statistikkbanken." from <https://www.ssb.no/statbank/>.

SSB. "Statistikkbanken." Retrieved 14.09, 2018, from <https://www.ssb.no/statbank/table/09000/>.

SSB (2018). "Konsumprisindeksen." Retrieved 03.11, 2018, from <https://www.ssb.no/kpi>.

SSB (2018). "Registrerte personbiler, etter bilens alder og fabrikkmerke. Gjennomsnittsalder på registrerte personbiler." Retrieved 11.06, 2018, from <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/aar>.

Stern, R. E., et al. (2018). "Dissipation of stop-and-go waves via control of autonomous vehicles: Field experiments." Transportation Research Part C: Emerging Technologies **89**: 205–221.

Støver, M. and E. Håndlykken (2018). "Personskadedata 2017." Rapport IS-2724. Utgitt av Helsedirektoratet.

SVV (2018). "Intelligente transportsystemer (ITS) – mer enn selvkjørende biler." Retrieved 20.10, 2018, from <https://www.vegvesen.no/fag/trafikk/its>.

Thune-Larsen, H., et al. (2014). Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk, Transportøkonomisk institutt.

TomTom (2018). "What is the TomTom Traffic Index." from https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/about.

TØI (2014). "Den nasjonale reisevaneundersøkelsen (RVU)." Retrieved 12.09, 2018, from <https://www.toi.no/rvu/>.

UITP (2017). Autonomous vehicles: a potential game changer for urban mobility.

Vegdirektoratet (2014). V121 Premisser for geometrisk utforming av veger.

Vegtrafikkloven (2018). "Lov om vegtrafikk." Retrieved 27.06, 2018, from <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1965-06-18-4>.

Vegvesen, S. (2017). "Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2017." Oslo: Statens vegvesen.

Vegvesen, S. (2018). "ITS Terminology: Terms & Definitions."

Veisten, K., et al. (2010). Den norske verdsettingsstudien. Ulykker—Verdien av statistiske liv og beregning av ulykkesnes samfunnskostnader, Rapport 1053C. Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norway.

VG (2011). "Biler i kø koster næringslivet milliarder." from <https://www.vg.no/forbruker/bil-baat-og-motor/i/rkVka/biler-i-koe-koster-naeringslivet-milliarder>.

Wahl, R., et al. (2006). Fremkommelighet – mål og metoder.

WEF (2018). Reshaping Urban Mobility with Autonomous Vehicles, World Economic Forum.

Zhang, F., et al. (2014). "The Downs-Thomson Paradox with responsive transit service." Transportation Research Part A: Policy and Practice **70**: 244–263.

Vedlegg 1. Oppgavetekst



Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Page 1 of 4 pages

MASTEROPPGAVE (TBA4945 Transport, masteroppgave)

Våren 2018
for
Jonas Nordenhaug

Selvkjørt er velkjørt? - Et utforskende studie av automatiserte kjøretøys
virkninger på trafiksikkerhet og kø

BAKGRUNN

Historisk sett har ny teknologi i kjøretøy stor påvirkning på trafiksikkerhet, miljø, fremkommelighet og kjøreatferd. Eksempler på teknologier som i en eller annen form har endret trafikkbildet er ABS, sikkerhetsbelte, air bag, hybrid og elbil, navigasjonssystemer og automatgir. Et fellestrekk for de fleste av disse eksemplene er at det har tatt tiår fra teknologien er kommersielt tilgjengelig til større grad av metning i markedet.

Bilindustrien står nå overfor ny teknologi som blir referert til med ulike begreper; autonome kjøretøy, selvkjørende kjøretøy eller automatiske biler er vanlige benevelser. Begrepene omfatter alle, i større eller mindre grad, at føreroppgavene løses selvstendig av kjøretøyet uten behov for menneskelig fører. Society of Automotive Engineers (SAE) har utviklet en 6-trinns gradering av denne automatiseringen, der nivå 0 er ingen automatisering og nivå er fullstendig automatisering. Dette er den mest brukte definisjonen på nivåer av automatisering og vil bli benyttet i oppgaven.

Det er knyttet usikkerhet til når de ulike nivåene av automatisering blir tilgjengelig på markedet, men også til hvilke gevinster og kostnader dette vil medføre. Det er dessuten vanskelig å forutse utskiftningsrate fra førerstyrt til automatiske kjøretøy på den totale bilparken.

OPPGAVE

Beskrivelse av oppgaven

Oppgaven skal undersøke de mest sentrale virkningene av automatiserte kjøretøy. Kjøproblematikk og trafikksikkerhet utpeker seg som interessante og viktige temaer å undersøke. Trafikksikkerhetsaspektet skal sees i lys av nullvisjon – regjeringens visjon om null drepte eller hardt skadde i transporsktoren.

Det skal gjennomføres et litteraturstudie av tematikken beskrevet og deretter anvende funnene til å analysere mulige virkninger på norske veier.

Deloppgaver og forskningsspørsmål

Oppgavens formål kan oppsummeres med følgende forskningsspørsmål:

- 1) Hva sier litteraturen om virkningene på trafikksikkerhet og kø som følge av en fremtid med automatiserte kjøretøy?
- 2) Hvordan vil disse påvirke det norske samfunnet?
- 3) Kan nullvisjonen oppnås med automatiserte kjøretøy?

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinaviske språk og som ikke behersker et skandinaviske språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Felles tjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.

Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursionsjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til sonja.hammer@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Kelly Pitera

Veileder (eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:

Institutt for bygg- og miljøteknikk, NTNU

Dato:, (evt revidert:) 5/11/2018

Underskrift


Faglærer