

Framtidens transportbehov

Analyse og fortolkning av samfunnstrender og teknologiutvikling



Scenario	1 Automated cars for all	2 Curbed congestion	3 Robotaxis	4 Microtransit	5 Mass Public Transit
Characteristics	Unrestricted private cars use	Private cars and capacity pricing	Car trips on demand	Shared rides on demand	First/last mile by micromobility
Ownership	Private	Private	Private / (Public)	(Private) / Public	Public
Use	Individual	Individual	Individual / (Shared)	(Individual) / Shared	Shared
Regulation (example)	None	Road capacity pricing	Parking pricing	Access restrictions	Public utility
Traffic & congestion	Intensive	Significant	Significant	Less	None
No. of cars & parking needs	High	Significant	Limited	Small	None

Framtidens transportbehov

Analyse og fortolkning av samfunnstrender og teknologiutvikling

Niels Buus Kristensen

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Framtidens transportbehov - Analyse og fortolkning av samfunnstrender og teknologiutvikling

Forfatter: Niels Buus Kristensen
Dato: 11.2019
TØI-rapport: 1723/2019
Sider: 57
ISSN elektronisk: 2535-5104
ISBN elektronisk: 978-82-480-2227-5
Finansieringskilder: Statens vegvesen
Jernbanedirektoratet
Kystverket
Nye Veier AS
Avinor

Prosjekt: 4716 – Framtidig transportbehov
Prosjektleder: Anne Madslien
Kvalitetsansvarlig: Kjell Werner Johansen
Fagfelt: 37 - Transportmodeller
Emneord: Framskriving
Framtidens transport
Teknologiutvikling
Trender

Sammendrag:

Denne rapporten analyserer og fortolker betydningen av en rekke samfunnsmessige og teknologiske trender for veksten i transportomfang og fordeling på de ulike transportformer fram mot 2050.

Beregningene indikerer at befolkningsvekst er en sentral faktor og at usikkerheten om den økonomiske veksten i framtiden også gir stor usikkerhet for transportomfanget i 2050. Geografiske befolkningsforskyvninger gir mer trafikk i byene, men har liten betydning for samlet transportbehov. En eldre befolkning trekker i retning av mindre transportetterspørsel, men usikkerhet om livsstil og transportvaner for framtidens eldre kan oppveie denne effekten.

Utviklingshastigheten i de to trendene automatisering og delingsøkonomi og deres påvirkning på transportetterspørselen og kapasiteten av transportinfrastruktur er også vesentlige usikkerhetsfaktorer. Fordelene av disse trendene vil antageligvis bli størst for veitransporten og trekke i retning av mer biltrafikk og mindre bruk av kollektiv-transport. Til slutt beskrives fem alternative framtidsscenarier med full automatisering og delingsmobilitet.

*Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no*

Title: Transport Demand of the Future. Analysis and interpretation of societal trends and technological development

Author: Niels Buus Kristensen
Date: 11.2019
TØI Report: 1723/2019
Pages: 57
ISSN: 2535-5104
ISBN Electronic: 978-82-480-2227-5
Financed by: Norwegian Public Roads Administration
Norwegian Railway Directorate
Norwegian Coastal Administration
Nye Veier AS
Avinor

Project: 4716 – Project Name
Project Manager: Anne Madslien
Quality Manager: Kjell Werner Johansen
Research Area: 37 – Transport Models
Keyword(s): Forecast
Future transport
Technology development
Trends

Summary:

This report analyses and interprets the importance of several societal and technological trends for transport demand and its distribution on the various modes of transport towards 2050.

The calculations indicate that population growth is a pivotal factor behind expected transport demand and that uncertainties with regard to future economic growth have significant importance for level of transport volumes in 2050. Geographical population movements will increase urban transport demand but will only have limited impact on aggregate national level. An ageing population will per se reduce transport demand but uncertainty about lifestyle and travel behavioral changes compared to today's elderly might offset this effect. The development speed of the two trends automation and shared economy and their impact on transport demands and capacity of the transport infrastructure are also important factors of uncertainty. The advantages will probably be biggest for road transport and lead to more car traffic and less use of public transport. Finally, five alternative future scenarios with full automation and shared mobility are described.

Language of report: Norwegian

*Institute of Transport Economics
Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no*

Forord

Transportøkonomisk institutt har på oppdrag for transportvirksomhetene (Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier AS og Avinor) gjennomført prosjektet Framtidens transportbehov. Dette prosjektet har vært tredelt:

1. Utarbeiding av framskrivninger for utvikling i person- og godstransport fram til 2050, til bruk i arbeidet med Nasjonal transportplan 2022-2033. Disse framskrivingene er rapportert i TØI rapport 1718/2019, og er etablert ved bruk av den nasjonale persontransportmodellen (NTM6), de fem regionale modellene (RTM) og Nasjonal godstransportmodell (NGM).
2. Gjennomføring av et antall følsomhetsberegninger knyttet til framskrivingene, bl.a. for å kunne vurdere robustheten i resultatene. Det er også beregnet en alternativ utviklingsbane med litt raskere innfasing av elbiler. Arbeidet er rapportert i TØI rapport 1722/2019.
3. Utarbeidelse av foreliggende rapport, som analyserer konsekvensene av teknologiske endringer og samfunnstrender. Rapporten har spesielt fokus på å belyse
 - a. hvordan og hvor mye både teknologiutviklingen og samfunnstrendene kan forventes å påvirke behovet for infrastrukturutbygging innenfor vei, bane, sjø og luft, og
 - b. i hvilket omfang dette behovet avhenger av de store usikkerheter om den framtidige utviklingen.

Hovedkontaktpersoner for arbeidet har vært Oskar Kleven og Therese Ustvedt i Statens vegvesen. Vi takker både dem og kontaktpersoner i de andre transportvirksomhetene for godt samarbeid underveis i arbeidet.

Rapporten fra denne delen av prosjektet er utarbeidet av Niels Buus Kristensen. Berit Grue har bidratt med datauttak fra Reisevaneundersøkelsen. Deler av arbeidet bygger på modellberegninger som er gjennomført i de to andre delene av prosjektet. Disse er utført av Nina Hulleberg, Christian Steinsland og Chi Kwan Kwong. Anne Madslien har vært prosjektleder for hovedprosjektet. Avdelingsleder Kjell Werner Johansen har vært kvalitetsansvarlig for arbeidet og sekretær Trude Rømming har stått for den endelige redigering av rapporten.

Oslo, november 2019

Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
Direktør

Kjell Werner Johansen
Avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Innledning.....	1
1.1	Formålet med investeringer i transportsystemet.....	2
1.2	Oversikt over utvalgte usikkerhetsfaktorer.....	4
1.3	Tidsperspektivet.....	5
2	Samfunnstrender som vil påvirke transportbehovet	6
2.1	Transportbehovet fram mot 2050.....	6
2.2	Økonomisk vekst	7
2.3	Befolkningsvekst.....	9
2.4	Demografisk forskyvning.....	10
2.5	Endret reiseatferd.....	13
2.6	Økt urbanisering.....	14
	Appendix 2.A Dekomponert fremskrivning av transportarbeidet.....	50
3	Klimautfordringens konsekvenser	18
3.1	Veitransport.....	19
3.2	Flytransport.....	23
3.3	Ferjer og sjøtransport.....	24
4	Nye teknologier og forretningsmodeller.....	25
4.1	Samhandlende intelligente transportsystemer	25
4.2	Automatisering.....	26
4.3	Delingsmobilitet	33
5	Fem scenarier for automatisering og delingsmobilitet i fremtidens veitransport.....	39
5.1	Scenario 1: 'Automated cars for all' – unrestricted private car use	40
5.2	Scenario 2: 'Curbed congestion' – private cars and capacity pricing.....	42
5.3	Scenario 3: 'Robotaxies' – car trips on demand.....	43
5.4	Scenario 4: 'Microtransit' – shared rides on demand	44
5.5	Scenario 5: Mass Public Transit – first/last mile by micromobility.....	46
6	Referanser.....	48
	Vedlegg Uttrekk fra Reisevaneundersøkelsen 2013-14 - oppdelt på kjønn, aldersgrupper og sentralitetsklasse.....	50

Sammendrag

Framtidens transportbehov

Analyse og fortolkning av samfunnstrender og teknologiutvikling

TØI rapport 1723/2019
Forfatter: Niels Buus Kristensen
Oslo 2019 57 sider

I forbindelse med arbeidet med Nasjonal transportplan (NTP) 2022-2033, har TØI utarbeidet nye framskrivninger for innenlands person- og godstransport (TØI rapport 1723/2019). Framskrivningene baseres på forutsetninger om utviklingen i en rekke faktorer som i sakens natur er usikre. Denne rapporten analyserer og fortolker betydningen av en rekke samfunnsmessige og teknologiske trender for veksten i transportomfang og fordeling på de ulike transportformer fram mot 2050.

Effekten av økonomisk vekst, demografiske endringer og geografiske befolkningsforskyvninger på transportetterspørselen kvantifiseres. Beregningene indikerer at befolkningsvekst er en sentral faktor og at usikkerheten om den økonomiske veksten i framtiden også gir stor usikkerhet for transportomfanget i 2050. Geografiske befolkningsforskyvninger gir mer trafikk i byene, men har liten betydning for samlet transportbehov. En eldre befolkning trekker i retning av mindre transportetterspørsel, men usikkerhet om livsstil og transportvaner for framtidens eldre kan oppveie denne effekten. Konsekvensene for elbilandelen av oppfyllelse av de politiske målene for klimagassreduksjoner og for elektrifisering illustreres med framskrivninger fra TØI rapport 1689/2019.

Utviklingshastigheten i de to trendene automatisering og delingsøkonomi og deres påvirkning på transportetterspørselen og kapasiteten av transportinfrastruktur er også vesentlige usikkerhetsfaktorer. Analysen av disse er mer kvalitativ, da deres effekt er meget vanskelig å kvantifisere. Fordelene av disse trendene vil antageligvis bli størst for veitransporten og trekke i retning av mer biltrafikk og mindre bruk av kollektivtransport. Uten mer intensiv regulering må dette forventes å kraftig forsterke tendensen mot økt trengsel i og rundt de største byene. Til slutt beskrives fem alternative framtidsscenarier med full automatisering og delingsmobilitet.

Transportsektoren står foran en periode hvor teknologiske endringer forventes å føre til større forandringer i transportsystemet enn vi har vært vant til. Dette skjer gjennom radikalt endrede egenskaper ved transportmidlene, nye forretningsmodeller og økt bruk av IKT. En rekke langsiktige samfunnstrender vil i høy grad også påvirke hvor mye, hvordan og hvor vi vil reise og flytte gods i framtiden.

Denne rapporten analyserer konsekvensene av de teknologiske endringer og samfunnstrender med spesielt fokus på å belyse:

- hvordan og hvor mye både teknologiutviklingen og samfunnstrendene kan forventes å påvirke behovet for infrastrukturbygging innenfor vei, bane, sjø og luft, og
- i hvilket omfang dette behovet avhenger av de store usikkerhetene om den framtidige utviklingen.

Et vesentlig, men i den offentlige debatt ofte oversett, aspekt av prioritering av infrastrukturinvesteringer på tvers av transportmidlene, er at fra et samfunnsperspektiv er balansen mellom fordeler og ulemper ved de forskjellige transportformer (bil, buss, sykkel & gange, tog, fly og sjø) meget avhengig av graden av urbanitet og av turens lengde. Investeringer i transportsystemet må ta hensyn til om det er i sentrum av de største byene, hvor miljøproblemer og trengsel er størst og avstandene er korte, eller om det er utenfor

byene hvor det er bedre plass på veien og hvor lav befolkningstetthet gjør det økonomisk vanskelig å tilby god kollektivtrafikk. Rundt de største byene er det mye pendlingstrafikk til og fra bysentrum i rushtiden. På lange avstander er samlet reisetid en sentral parameter for både reiseomfang og valg av transportform.

Levetiden til deler av transportinfrastrukturen er lang; teknisk sett kan den være mer enn hundre år. Om hundre år vil teknologiutvikling ha endret transportsektoren radikalt og samfunnstrender har gitt store endringer i hvor vi bor og hvor og hvor mye vi reiser. Den økonomiske levetiden, det vil si den tidshorisont hvor investeringen gir vesentlig nytte for trafikantene, kan derfor være mye kortere. Samfunnsøkonomiske analyser tar til en viss grad høyde for dette ved at man bare tar med konsekvenser i en begrenset (typisk 40 år) tidshorisont fra anlegget tas i bruk. Men selv innenfor denne tidshorisont, kan de fordeler og ulemper som regnes med, endres vesentlig og være usikre fordi vi ikke kan være sikre på hva som kommer til å skje.

Samfunnstrender som påvirker det samlede transportbehovet

Det fremtidige persontransportarbeidet påvirkes av sentrale etterspørselsdrivere som økonomisk vekst, befolkningsvekst, alderssammensetning og geografiske bostedsforskyvninger. I tråd med dette forventes de lange reisene å øke med 35% fram mot 2050. I dag er bilen dominerende med cirka 80% av persontransportarbeidet (fører + passasjerer) og forventes å ha en enda større markedsandel i fremtiden. Gang og sykkel står for cirka en fjerdedel av antall reiser, men en ubetydelig del av persontransportarbeidet da disse reisene er meget korte. Kollektivtransportens andel er utpreget størst i og rundt de største byene, mens flyet skiller seg ut i utkantsområder med cirka 30% av persontransportarbeidet, men en vesentlig mindre andel av antall reiser.

I basisfremskrivningen (referansen) med de regionale transportmodellene forventes antall korte reiser å øke med 8% til 2030 og 19% til 2050, mens persontransportarbeidet vil vokse mer med hhv 15% og 31% fordi den gjennomsnittlige turlengden økes.

Økonomisk vekst

Tabell S.1 viser betydningen av antagelsen om den økonomiske vekst på samlet persontransportarbeid. Tabellen viser bare lange reiser, da økonomi ikke inngår direkte i modellene for korte reiser.

Tabell S.1 Beregnet utvikling i persontransportarbeid for lange reiser i referansen og med høy og lav økonomisk vekst. 2018 = 100.

	Referanse 2050	Høy vekst 2050	Lav vekst 2050
Vekst per år i privat forbruk/innb.	1,45%	1,94%	0,00%
Personkm i 2050 når 2018=100	135	145	120

Kilde: Tabell 2.2.

I Referansen forventes en gjennomsnittlig årlig økonomisk vekst per innbygger på 1,45% og en samlet vekst i persontransportarbeidet på 35% frem mot 2050. Med henholdsvis høy vekst (knappt 2% pr år) og ingen økonomisk vekst, gir den nasjonale modellen en vekst på hhv 45% og 20% i antall personkilometer for lange reiser i samme periode. Om modellen avspeiler sammenhengen korrekt, er størrelsen av den økonomiske veksten altså avgjørende for hvor raskt transportarbeidet knyttet til lange reiser kan forventes å øke.

Demografiske endringer

Befolkningsendringer skjer ikke fra en dag til den neste, men over de neste 20-30 år forventes store demografiske endringer:

- *Befolkningsvekst:* Til 2040 forventes landets befolkning å øke med 16%, blant annet på grunn av avtagende dødelighet og ikke minst innvandring. Uten innvandring forventes befolkningsveksten å bli vesentlig mindre med bare 7%, mens et høy- og lavvekstscenario for den innenlandske befolkning gir mindre utslag med 11-23% befolkningsvekst.
- *Aldring:* Størstedelen av befolkningsveksten til 2040 slår ut gjennom en vesentlig økning av aldersgruppen over 65 år. Det blir litt flere barn og unge og litt færre mellom 20 og 30 år.
- *Urbanisering:* Flytting til byene og spesielt til de største byene, som har preget samfunnsutviklingen de siste hundre år, forventes også å fortsette i fremtiden. Dette har vært og vil fortsatt være drevet av blant annet de økonomiske produktivitetsfordeler som agglomerasjon gir i form av høyere grad av spesialisering, mer konkurranse, større arbeidsmarked og mer effektiv kunnskapsspredning.

Tabell S.2 viser effekten på samlet persontransportarbeid for hver av disse samfunnstrender. Beregningene er basert på SSBs befolkningsframskrivninger og Reisevaneundersøkelsen 2013/14, under en antagelse om at befolkningens reisevaner er uendret i 2040 i forhold til i RVU 2013/14. I tabellen skiller vi på aldersgrupper og grader av urbanisering, målt ved SSBs seks sentralitetsklasser.

Tabell S.2 Samlet daglig transportetterspørsel i 2040 når nivå i 2018 = 100. Oppdelt på reiseb hensikt. Med antagelse om uendrede reisevaner.

Reiseb hensikt:	Alle	Arbeid og skole	Tjeneste-reiser	Private reiser
Hovedalternativ (MMMM)				
Befolkningsvekst	116	116	116	116
Befolkningsvekst + Endret alderssammensetning	111	106	107	114
Befolkningsvekst + Endret alderssammensetning + Flytting mellom kommuner	110	105	106	113

Kilde: Tabell 2.6.

Ser man bare på befolkningsvekst blir endringen i transportetterspørsel selvsagt den samme under antagelse om uendret atferd, det vil si 16% økning. Men tar vi samtidig høyde for at eldre og helt unge reiser mindre, betyr de relativt flere eldre at veksten i personkilometer bare blir 11%, altså 5%-poeng mindre. Ikke overraskende er endringen størst for arbeidsrelaterte reiser og bare 2%-poeng for private reiser.

Hvis vi i tillegg medregner at befolkningen i større grad vil bo i urbaniserte områder, hvor reiseavstandene generelt er kortere, reduseres veksten i transportarbeid ytterligere med 1%-poeng.

Endret reiseatferd?

Antagelsen om uendret reiseatferd er naturligvis en sterk forenkling, men den hjelper til å vise den rene effekten av hver av trendene at vi blir flere, eldre og bor i (større) byer. Men det kan spesielt være grunn til å se nærmere på forutsetningen om uendret reiseatferd for

de eldre generasjoner, da andre samfunnstrender trekker mot større reiseaktivitet hos fremtidens eldre, om de fortsetter:

- *Bedre helse* betyr at man har mulighet for å oppretholde en høy mobilitet lengre.
- *Jobbe til senere i livet* gir flere arbeidsrelaterte reiser.
- *Generasjonseffekter* gir større reiseaktivitet: Dagens 40-åringer reiser mer nå enn 40-åringene for 20 år siden. Noe av dette henger sammen med livsstilsendringer, som de antageligvis tar med seg også senere i livet.
- *Økt likestilling* mellom kjønnene: Menn over 70 år har vesentlig lengre daglig reiselengde for private reiser enn kvinner på samme alder, mens dette ikke er tilfelle for aldersgrupper opp til 60 år.

Det er naturligvis vanskelig å si noe konkret om hvordan disse samfunnstrendene vil påvirke transportbehovet, men et regneeksempel med stiliserte forutsetninger kan gi en idé om hvor store disse effektene kan være: For aldersgruppene over 60 år antar vi at forskjellen mellom menn og kvinner bare blir halvparten av i dag. Vi antar videre at for både menn og kvinner endres gjennomsnittlig daglig reiselengde til aldersgruppen før. Det vil si at 61-66-åringer vil få samme reiselengde som 55-59-åringer hadde i 2013/14 og så videre.

Disse forutsetninger om endrete reisevaner for aldersgrupper over 60 øker som forventet den samlede transportetterspørselen og økningen er størst for arbeidsrelaterte reiser. Effekten på den samlede daglige reiselengde er en økning på 8 %-poeng, hvilket mer enn oppveier effekten av aldring. Usikkerheten om de eldres framtidige reiseatferd har således omtrent samme innflytelse på framskrivingene av samlet transportetterspørsel som de forskjellige scenarier for befolkningsveksten.

Klimautfordringens konsekvenser

Med bakgrunn i blant annet IPCCs rapport *Global Warming of 1.5 °C* fra 2018 erklæres i Granavold-plattformen¹, at Regjeringen vil:

"Gjøre Norge til et lavutslippssamfunn i 2050,
hvor klimagassutslippene reduseres med 90-95 prosent" og
" ... halvere utslippene fra transportsektoren innen 2030
sammenlignet med 2005."

Transportsektorens andel av klimagassutslipp er i dag 30% og utgjør en økende andel av samlet utslipp. **Reelt betyr målene en omfattende omstilling, så praktisk talt hele landtransporten må bli utslippsfri i 2050 og med vesentlige kutt i utslipp fra flytrafikken i tillegg.** For delsektorer innen transport vil det kreve langsiktig teknologiutvikling mot løsninger som vi i dag bare kan se konturene av. Granavold-plattformen bemerker da også at "måltallene er basert på forbedringer av teknologisk modenhet i ulike deler av transportsektoren."

Jernbanen er allerede tilnærmet utslippsfri gjennom elektrisk drift på de fleste strekningene, hvilket i dagens situasjon gir toget en klar miljømessig fordel i forhold til både privatbil og fly. Potensialet og tidsperspektivet for de nødvendige radikale utslippskutt for vei-, fly- og sjøtransport er analysert med det premiss at virkemidler vil bli implementert for å oppnå klimamålsettingene når man politisk vurderer at det finnes lav- og nullutslippsteknologier som er tilstrekkelig modne selv om kostnadene er høyere enn for dagens teknologier.

¹ Politisk plattform for en regjering utgått av Høyre, Fremskrittspartiet, Venstre og Kristelig Folkeparti den 17. januar 2019 [<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2626036/>].

Veitransport

For personbiler har utviklingen av elbiler gått så raskt de seneste årene at full overgang til batterielektrisk drift ser ut til å være praktisk mulig for nye biler i løpet av få år. Med målsetningene i nåværende NTP vil nye personbiler omsatt i 2025 være nullutslippskjøretøy. I 2030 skal det samme gjelde alle varebiler og 75 prosent av alle langdistansebusser, det siste betyr lite totalt sett. Samlet vil dette bety at i løpet av cirka 20 år vil stort sett hele person- og varebiltrafikken være uten klimautslipp i takt med utskiftningen av bilparken.

For tung godstransport på vei er utfordringen større og det er ennå ikke klart hvilke teknologier som vil bli fremtidens nullutslippsløsninger. Det finnes flere teknologiske løsningsmuligheter, for eksempel:

- Elektrifisering med
 - batteri
 - brenselcelle og syntetisk drivstoff, for eksempel hydrogen
 - kjøreledninger på hovedstrekninger supplert med batteridrift
- Forbrenningsmotor med
 - syntetiske drivstoff, inklusiv hydrogen, som energibærere, basert på elektrisitet
 - biodrivstoff, eventuelt i kombinasjon med syntetisk drivstoff

I dag er disse løsningene enten ikke fullt utviklede, kostbare eller bærekraften er tvilsom i full-skala implementering. Kostnadseffektiv omstilling til lavutslippsamfunnet er avhengig av at løsninger som velges i dag, kan sees som skritt på veien til de løsninger som vil bli benyttet i fremtiden. Strategiske teknologivalg kompliseres ytterligere av at Norge på dette feltet på sikt må være i samsvar med teknologiutviklingen i utlandet, hvor produksjonen av kjøretøyene foregår.

For godstransporten må teknologiske løsninger til, da det ikke er realistisk å overflytte gods fra vei til sjø eller bane i det omfang som vil være nødvendig for å nå reduksjonsmålene.

En konsekvens av at veitransporten må bli praktisk talt utslippsfri, er at fordelene toget har på dette feltet i dag forsvinner. Dermed blir klimapolitikken ikke lenger et vesentlig argument for nullvekstmålet i de største byområdene og strategien om overføring av godstransport til bane (og sjø). Dette vil få konsekvenser for den forventede langsiktige fordeling mellom transportformene.

Transporttettersspørsmålet og dens fordeling på transportformer vil være påvirket av kostnadsutviklingen. Kostnad per kilometer i bil vil bli påvirket av omstillingen til nullutslippsteknologi. I referansefremskrivningen er det lagt inn at de marginale kostnadene per kilometer er lavere ved eldrift med den nåværende avgiftstruktur. Hvis man alternativt antar at dagens kilometerkostnader for fossilbiler antas også å gjelde for nullutslippsbiler frem mot 2050, øker transportarbeidet for lange reiser bare med hhv 40% og 44% for bilfører og bilpassasjer til 2050 i stedet for 52% og 54% i Referanse-beregningen. Kostnadsøkningen gir dermed en reduksjon på 7% i det samlede transportarbeidet med bil. Omtrent halvparten av reduksjonen overflyttes til fly, tog og buss, mens den andre halvparten skyldes færre turer.

Flytransport

Sivil luftfart står for cirka 7% av dagens klimautslipp fra norsk innenrikstransport, med en tilsvarende utslippsmengde i utenrikstrafikken. Transportarbeid med fly forventes å øke markant i fremtiden. Utslipp per passasjerkilometer er redusert betraktelig de seneste to tiår og er i dag ca. 100 gram CO₂, hvilket er av samme størrelse som for personbiltransport. Klimaeffekten av utslipp fra fly er dog større, når utslippet skjer i stor høyde. Flyets viktigste fordel som transportform er at det er raskt, men det er samtidig det viktigste

problem i klimasammenheng, fordi det gir mulighet for å reise veldig langt med tilhørende store utslipp.

I dagens situasjon er biodrivstoff eller syntetiske drivstoff fra elektrisitet de reelle alternativer til fossilt jetfuel, men elektriske fly er et felt med intensiv forsknings- og utviklingsaktivitet. Sentrale kommersielle aktører forventer å begynne med kommersiell bruk av hybridfly (delvis elektrisk framdrift) rundt 2030 og fullt elektriske rutefly på korte distanser i løpet 2030-årene. Avinor har planer om full elektrifisering av norsk innenriks luftfart i 2040. Norge har av historiske årsaker et velutbygd nett av flyplasser med korte rullebaner som er velgnet til mindre elfly. Lykkes det å utvikle pålitelige, mindre eldrevne fly med rekkevidde 500-1000 kilometer er potensialet derfor stort i norsk innenriks luftfart, hvor utfordringene i norsk landtransport, med fjelloverganger og fjordkryssinger, gir en konkurransefordel til fly. Dette gjelder ikke bare hele dagens rutenett (med unntak av reiser mellom Sør- og Nord-Norge), men også der nye korte ruter kan være et alternativ til kostbar utbygging av vei eller bane.

Ferjer og sjøtransport

Skipsfarten er også i en startfase i forhold til overgang til nullutslippsteknologi. Innføring av lav- eller nullutslippsteknologier som følge av krav til utslippsreduksjoner kan øke transportkostnaden både for godstransport på sjø og for ferjesamband i veinettet, men det vil antageligvis ikke få stor betydning for transportetterspørselen.

Nye teknologier og forretningsmodeller

Samhandlende intelligente transportsystemer

Intelligente transportsystemer er utnyttelse av IKT i kjøretøyene eller i infrastrukturen. Ved *samhandlende* intelligente transportsystemer (C-ITS) utveksles dynamisk informasjon direkte mellom kjøretøyene eller mellom det enkelte kjøretøy og infrastrukturen uten aktiv medvirkning fra føreren av kjøretøyene og infrastrukturoperatøren. Utbredelsen av 5G vil øke pålitelighet, hastighet og kapasitet av trådløs dataoverføring dramatisk. Dette forventes å øke potensialet for C-ITS betraktelig ved at alle kjøretøyer på sikt kan bli oppkoblet og utveksle relevante data om posisjon, hastighet, retning og veiforhold i et 'internet-of-things'. C-ITS kan forventes å ha en rekke forskjellige samfunnsmessige fordeler:

- **Bedre fremkommelighet:** Avansert trafikkstyring og -informasjon, og førerstøttesystemer i bilene (ADAS) forventes å kunne gi bedre trafikkflyt og større kapasitet i veinettet. Det vil kunne gi store reisetidsbesparelser ved å redusere den forventede økning av trengsel og gi høyere reisehastighet på sentrale deler av veinettet som følge av økt framtidig etterspørsel.
- **Trafikksikkerhet:** Stort potensial for færre ulykker og hendelser, spesielt i veitrafikken. Effekten forsterkes av økt utbredelse av førerstøttesystemer, som i dag bare finnes i 'high-end' segmentet.
- **Drivstoffbesparelse og miljøgevinster:** Bedre trafikkflyt og mulighet for å redusere trafikken når og hvor luftforurensningen er kritisk vil redusere klimateffekter og helseskader fra trafikken.

Automatisering

Automatiserte kjøretøy er antageligvis den teknologitrend som i størst grad kommer til påvirke transportsektoren i de kommende årtier. Nettopp i disse årene vil utviklingen gå veldig raskt, men tidsperspektivet for implementering i praktisk bruk i Norge er meget

usikker og implikasjonene for hvordan og hvor mye vi kommer til å bruke de forskjellige transportmidler er på nåværende tidspunkt vanskelig å forutsi. Disse usikkerhetene betyr tilsvarende stor risiko for feilinvesteringer i transportinfrastruktur, som har meget lang levetid.

To nivåer knyttet til behovet for sjåfør kan i fremtiden gi avgjørende endringer i forhold til dagens situasjon, hhv. 'Selvkjøring med sjåfør' og 'Førerløse kjøretøy'.

Selvkjøring med sjåfør: Bilen (eller bussen, toget, fergen eller flyet) er i stand til 'selvstyring /selvkjøring', men tilstrekkelig sikkerhet krever at noen (her kalt 'sjåfør') er med, og kan ta over styringen på kort varsel om noe ikke fungerer.

For veitransporten vil dette være enklest på motorveier og mest komplisert i bytrafikken. De største fordelene forventes å bli:

- *Økt trafiksikkerhet ved at menneskelige feil kan unngås.* Uoppmerksomhet, for høy hastighet, dårlig orientering og andre førerrelaterte risikofaktorer er de viktigste årsaker til at trafikkuhell skjer.
- *Sjåføren kan bruke tiden på noe som er mer nyttig.* Ulempen ved å bruke tid på å kjøre bil vil derved bli mindre.

Begge effektene er størst for privat bilkjøring sammenliknet med andre transportformer, da det er her vi har private førere som sjåfør. Implikasjonene for transportetterspørsel og innretning av transportsystemet blir da:

- Etterspørselen etter transport med privat bil vil øke, da ulempen ved å tilbringe tid i bilen vil bli mindre.
- Noe av den økte etterspørselen vil komme ved at det blir mindre etterspørsel etter andre transportformer, slik at balansen mellom bilkjøring og kollektiv trafikk vil bli forskjøvet til fordel for bilen. Trafiksikkerhetsargumentet for å øke kollektivtrafikkens andel vil også bli mindre.
- Komforten under kjøring vil bli tillagt større vekt, da det påvirker muligheten for å bruke tiden nyttig. Det kan få konsekvenser for design av kurvatur og annen utforming av veiene fremover.
- Økt transportetterspørsel på vei gir økt behov for utbygging, men omvendt betyr ulempen ved lengre reisetid mindre, når man har mulighet for å bruke tiden nyttig.
- Sikrere bilkjøring kan på sikt gi kostnadsbesparelser i veibygging, hvis sikkerhetskravene kan endres med automatisering.
- Selvkjøring kan på noen strekninger gi muligheter for å øke kapasiteten av den eksisterende fysiske veiinfrastruktur, gjennom mindre avstand mellom bilene og smalere kjørefelt.

Førerløse kjøretøy: Sikker transport av passasjerer fra dør til dør uten sjåfør ombord. Dette muliggjør også tom reposisjonering av kjøretøy. Full førerløshet ser ut til å være meget komplisert å få til og kan derfor være begrenset til bestemte områder eller veityper eller betinget av værforhold eller annet. Førerløs kjøring vil gi markant nye muligheter:

- *Nye brukergrupper av private biler.* Førerløs bil benyttes av personer uten førerkort, typisk barn og unge samt eldre, som i dag er avhengig av skyss fra foreldre e.l. eller bruker andre transportformer. På samme måte kan man få fraktet ting uten å bruke tid på det selv.
- *Høyere utnyttelsesgrad gjennom tom reposisjonering.* I dag står bilene som regel stille, mens brukeren oppholder seg på destinasjonen. Hvis bilen selv kan kjøre hjem, kan resten av familien bruke den, mens mor eller far er på jobb. Dette betyr at den faktiske tilgang til bil økes i husholdninger med både en og to biler.

Og fordelene kan potensielt være meget store:

- Samme effekter som for selvkjøring, men med større økning i transportetterspørselen.
- Etterspørselen etter kollektivtransport vil reduseres fordi en del av den økte bilkjøring vil komme fra kollektivbrukere som i dag ikke har tilgang til bil.
- Argumentet for å tilby subsidiert kollektivtransport ut fra en 'public service betraktning' blir mindre, når alle i prinsippet kan bruke bil. Det vil fortsatt være sosiale argumenter, men det gjenværende tilbud av 'public service'-basert kollektiv transport vil kunne tilrettelegges etter nye konsepter.
- Bosettingsmønstret kan bli endret for familier med barn, som enklere kan bo utenfor byene, hvor dårlig kollektivtrafikk i dag begrenser barnas mobilitet.
- Trafikken til og i byene vil ikke lenger være begrenset av vanskeligheter ved å finne parkering eller høye p-avgifter. Bilen vil kunne sette brukeren av og deretter returnere hjem eller til p-områder i avstand fra sentrum.
- Lav fremkommelighet på grunn av trengsel på veiene er i dag en vesentlig begrensning for å velge bilen, spesielt i rush-tiden. Førerløse biler som kjører tomme for å hente brukeren, vil i langt mindre grad være påvirket av denne begrensningen, hvis bare reisetiden er noenlunde forutsigbar.
- Der vil være en risiko for at etterspørselen etter bilkjøring i og rundt de største byene, og spesielt Oslo, vil stige så voldsomt at trafikken vil bryte sammen i spissbelastningen dersom det ikke gjøres ytterligere regulering via kapasitetsprising eller annen begrensning av adgangen til å bruke veinettet.
- På lange turer kan det bli mulig å sove underveis, så reisetiden betyr mindre hvis man reiser om natten, så lenge man ankommer på ønsket tidspunkt. Til gjengjeld vil reisekomforten, inklusiv veiens kvalitet og kurvatur i så fall bli avgjørende. Det kan bety at bilreiser får økt betydning på reiseavstander som i dag er dominert av fly.

Automatisering vil slå langsomt igjennom i hele bilparken, både fordi det vil ta flere år før teknologiene vil slå igjennom for fullt i salget av nye biler, og fordi private biler har en typisk levetid på langt mer enn ti år.

Automatisering av lastebiler har primært potensial som førerløs kjøring. Lønn til sjåføren utgjør opp mot halvparten av transportkostnaden med lastebil. Det betyr at full automatisering, hvor lastebiler kan kjøre helt uten fører over lange avstander, kan medføre store konkurransefordeler i forhold til dagens transporter. I motsetning til for personbiler trenger dette ikke være helt fra dør til dør, da man kan forestille seg at førerløs kjøring bare skjer til og fra terminaler utenfor byene eller mellom spesialdesignede logistikkentre ved motorveiene, hvor en sjåfør kan komme om bord og ta first/last-mile styringen.

Overordnet må følgende konklusjoner anses for plausible:

- Overgangen kan gå raskere enn for personbiler, når først teknologien er klar, fordi:
 - Brukstiden for lastebiler i langdistansetrafikken er bare cirka fem år;
 - Nye aktører uten bunden kapital kan gå inn på markedet.
- Effekten på samlet godstransportetterspørsel på vei vil antageligvis være mindre enn for persontransport, da konkurranseflaten mot alternativene (sjø og bane) er relativt begrenset, og fordi priselastisiteten for godstransportetterspørsel er begrenset av transportkostnadens beskjedne andel av varens samlede pris.
- Derimot kan førerløs kjøring bety en endring i retning mot mindre forsendelser med høyere frekvens i mindre lastebiler, når den sparte sjåførlønnen reduserer kostnadsfordelene ved store kjøretøy. Dette kan bidra til økt trafikk på veinettet. Den negative

effekten på fremkommeligheten på veinettet vil dog være begrenset av at langdistanse-trafikken med lastebil få steder utgjør en betraktelig del av den totale trafikken.

Førerløse lastebiler kan også gjøre batteribasert elektrifisering av godstransporten til en mer attraktiv løsning på klimautfordringen. Rekkevidde er den store barrieren for batteridrift i langdistanse godstransport, men kostnaden ved å stoppe for lading blir mindre når det ikke er en sjåfør som må vente under lading.

Automatisering skjer også i større eller mindre grad innenfor **fly-, tog- og sjøtransport** med tilhørende terminal- og logistikkjenester. Dette har potensiale for både driftskostnadsbesparelser og økt kapasitet av infrastrukturen. Men etterspørselseffekter vil ikke være på nær så radikale som for veitransporten, hvor fordelene for sjåføren og den prosentvise kostnadsbparelse ved å ta ut sjåføren har langt større betydning.

Delingsmobilitet

Delingsmobilitetsløsninger er i rask vekst, men andelen av samlet transportomfang er ennå begrenset. Tradisjonell utleie av bil eller sykkel kan under noen definisjoner også ses som delingsmobilitet. Det som er det avgjørende nye er at automatisert reservasjon, aktivering og betaling kan skje umiddelbart, overalt, for korte tidsrom, billig og raskt ved bruk av smartphone. Generelt har delingsmobilitetsløsninger også størst kommersielt potensial i byene av logistiske årsaker.

Noen av de nyeste konsepter er såkalte mikromobilitetskonsepter som (el-)sykkel og (el-)sparkesykkel, som også kan få en betydning for kollektivtrafikken i forhold til 'first/last-mile'-utfordringen. Delebilordninger kan ses som et alternativ til privat bilhold eller bilnummer to, og kan gi økt mulighet for å bruke bil for de som ikke har råd til eller stort nok behov for å eie egen bil. Det er usikkert om stor utbredelse av delebiler vil kunne gi en stor reduksjon av biltrafikken. Uansett vil en vesentlig effekt være mindre arealbehov for parkering, hvilket naturlig nok har størst betydning i byene, hvor plass er en veldig knapp faktor med høy verdi for byens liv. Parkeringsprising som avspeiler denne verdien kan derfor være et kostnadseffektivt virkemiddel for å fremme delebiler og optimere utnyttelsen av byens arealer.

Automatisert delingsmobilitet

En vesentlig ulempe ved delebiler i forhold til egen privatbil er at du oftest må gå et stykke til bilen. Dette løser dagens drosjer eller Uber/Lyft-konsepter for deg, da du kan bestille bilen dør-til-dør. I noen land, heriblant USA, har plattformbaserte konsepter som Uber og Lyft mer eller mindre utkonkurrert tradisjonelle drosjer, og forventer i fremtiden å basere seg på førerløse biler til det som populært kalles '*Robotaxis*'. Det vil gi en markant lavere kostnad hvis man kan spare sjåføren, og vil i de områdene hvor de blir utbredt potensielt ha vidtrekkende perspektiver for bilhold og bruk av kollektivtransport. Dagens plattformbaserte drosjekonsepter er stort sett bare vanlig i de største byene, og det er ennå uvisst i hvilke urbanitetsgrader Robotaxi-konsepter vil være kommersielt bærekraftige, da prisen vil være avgjørende for bruken av tjenestene. Men uansett kan det sammenfattende konkluderes med at:

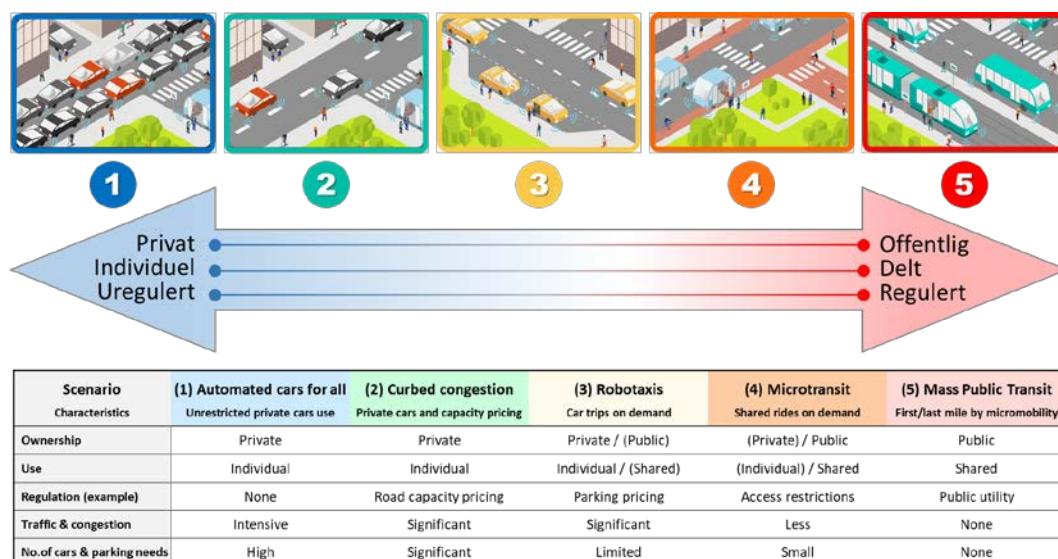
- robotaxier vil kunne gi store mobilitetsfordeler for personer som i dag ikke har mulighet for å bruke bil;
- robotaxier vil kunne gi en markant reduksjon i areal opptatt til parkering, noe som spesielt er en fordel i bysentrene;
- tomkjøring, omveikjøring, overflytting av kollektivbrukere og økt transport- etterspørsel vil gi markant økt bilkjøring, til et nivå som med trafikksystemets

nåværende kapasitet og uten ytterligere restriksjoner på bilbruk, vil gi trengsel og reisetidsforsinkelser på uholdbart nivå;

- insentiver til fremme av samkjørsel kan redusere trafikken vesentlig; men
- høyklasse kollektivløsninger i byens sentrale korridorer må antageligvis fortsatt ta en stor del av etterspørselen for at transportsystemet skal kunne håndtere det samlede transportbehovet i tett befolkede områder;
- samordning av robotaxier med kollektivtrafikken, som del av 'first/last-mile'-konseptet, vil antageligvis kunne forbedre og øke bruken av kollektivtrafikken i områdene rundt de større byene.

Scenarier for automatisering og delingsmobilitet i fremtidens veitransport

Figuren nedenfor gir et overblikk over scenarier for veitransportsystemet i en fremtid med elektrifiserte, førerløse kjøretøy og forskjellig vekt på delingsmobilitetsbaserte forretningskonsepter.



Scenariene utspenner tre forskjellige dimensjoner:

Privat ↔ Offentlig
 Individuell ↔ Delt
 Uregulert ↔ Regulert

som i praksis ofte vil være korrelerte. De fem scenarier beskrives nedenfor i sin rene form, som bare gir et stilisert bilde av en mulig fremtid. Virkeligheten for et konkret område vil mer nøyaktig kunne beskrives med større eller mindre andeler fra hvert scenario:

1. *Automated Cars for All*. Når og hvis private biler blir førerløse, må vi forvente at de økte anvendelsesmuligheter vil gi vesentlig større transportetterspørsel med bil, som uten betydelig regulering av trafikken vil føre til meget stor trafikkvekst. Fordi tomme biler ikke har samme ulempe som passasjerene ved lav fremkommelighet/kø, vil denne utvikling i bysentre og rundt de største byene resultere i et sterkt kapasitetspress og store framkommelighetsproblemer, som i praksis vil begrense mobiliteten i disse områdene. Utenfor de store byene og på lange turer mellom byene, hvor kapasitetsproblemen er mindre, vil de muligheter som førerløse biler tilbyr i høyere

grad kunne utnyttes til å gi store mobilitetsfordeler også for personer som i dag ikke har mulighet for å bruke bil.

2. *Curbed Congestion.* Dette scenariet kan ses som en aktiv regulatorisk reaksjon på de trafikale utfordringer som ubegrenset bruk av fullt automatiserte biler i det ovenstående scenario gir. Samhandlende intelligente transportsystemer vil gi bedre mulighet for introduksjon av dynamisk prising av veinettet på de steder og tidspunkter hvor trafikkomfanget gir kapasitetspress og nedsatt fremkommelighet. Med fokus på kapasitetsprising, kan det bli en kostnadseffektiv måte å begrense trafikken for å gi bedre mobilitet og et mer retferdig alternativ til dagens bompengesystem.
3. *Robotaxis.* Førerløse drosjer som bestilles online med mobiltelefonen når man trenger den. Høy utnyttelsesgrad og sparte sjåførkostnader kan bety at prisen på dette konseptet kan bli så lav at det blir et attraktivt alternativ til å ha egen bil, spesielt for de som bor i de store byene. Men det er langt fra sikkert at det vil gi mindre trafikk enn i de foregående scenarier. Derimot vil samme mobilitet kunne oppnås med en langt mindre flåte av biler og dermed (enda) mindre behov for parkeringsarealer i byene hvor plassen er trang.
4. *Microtransit.* Skal delebiler og robotaxier gi mindre trafikk og trengsel, krever det flere personer i hver bil. Dette kan oppnås gjennom samkjøring, hvor vi deler turen med andre, som ikke nødvendigvis skal akkurat fra og til samme sted som oss selv. Det betyr også at vi må akseptere at turen kan ta litt lengre tid fordi vi kanskje skal kjøre en liten omvei. Til gjengeld blir vi flere om å dele prisen på turen. Men kanskje er denne besparelsen ikke nok til at vi velger å dele turen med andre. Kapasitetsprising på et nivå som merkbart reduserer trafikken, forsterker insitamentene til å utvikle og bruke samkjøringskonsepter, fordi prisen per person blir vesentlig lavere med flere i bilen. Utenfor byene og mellom byene kan delte, on-demand tjenester også fungere som et individualisert alternativ til den tradisjonelle kollektivtrafikken.
5. *Mass Public Transport.* Dette scenariet fokuserer først og fremst på de største byenes utfordringer med å sikre mobilitet og fremkommelighet. Her vil det, uansett automatisering, bli vanskelig å oppnå tilstrekkelig kapasitet alene med individualiserte løsninger, selv med samkjøring. For å oppfylle byens transportbehov vil de største byene derfor fortsatt trenge et høystandard rutebasert kollektivt transportnettverk. Full automatisering av både tog, T-bane, trikk og buss kan gi driftsmessige fordeler og lavere kostnader. Spesielt for buss (også mellom byene) kan det kostnadseffektivt gi muligheter for høy frekvens større deler av døgnet. I et rendyrket kollektivt scenario uten biler i byene, vil frigjøringen av arealer som ikke lenger trengs til transportformål gi stort potensiale for radikale endringer av byplanleggingen og byenes utforming. En del av visjonen for scenariet er forsterket oppkobling til knutepunktene gjennom 'Mobility-as-a-service'-løsninger. Disse integrerer nye app-baserte 'mikromobilitet'-konsepter som (el-drevne) sparkesykler og el-sykler som svar på 'First/last-mile' utfordringen for kollektivtrafikken, det vil si transport til og fra trafikkknutepunktene i korridorene for høyfrekvente linjer med høy reisehastighet.

Som fremhevet innledningsvis er balansen mellom fordeler og ulemper ved de forskjellige transportformer (bil, buss, sykkel & gang, tog, fly og sjø) svært avhengig av graden av urbanitet og av turens lengde. Dette vil også gjelde i en fremtid med automatiserte kjøretøy og delingsmobilitet. Jo høyere sentralitet og befolkningstetthet, jo mer vil det være bruk for elementer fra scenariene på høyre side av figuren og omvendt.

Summary

Transport Demand of the Future

Analysis and interpretation of societal trends and technological development

TØI Report 1723/2019

Author: Niels Buus Kristensen

Oslo 2019 57 pages Norwegian language

As input to the work with the next Norwegian National Transport Plan 2022-2033 TØI has made new projections of domestic passenger and freight transport (TØI report 1723/2019). The projections are based on the development of a number of factors that are uncertain by definition. This report analyses and interpret the importance of several societal and technological trends for transport demand and its distribution on the various modes of transport towards 2050.

The effects of economic and population growth as well as demographic changes and geographical population movements on transport demand are quantified. The calculations indicate that population growth is a pivotal factor behind expected transport demand and that uncertainties with regard to future economic growth have significant importance for level of transport volumes in 2050. Geographical population movements will increase urban transport demand but will only have limited impact on aggregate national level. An ageing population will per se reduce transport demand but uncertainty about lifestyle and travel behavioral changes compared to today's elderly might offset this effect. The consequences for the share of electric vehicles of political targets for greenhouse gas reductions and electrification is illustrated by projections from TØI-report 1689/2019.

The development speed of the two trends automation and shared economy and their impact on transport demands and capacity of the transport infrastructure are also important factors of uncertainty. The analysis is here more qualitative because their impacts are very difficult to quantify. The advantages will probably be biggest for road transport and lead to more car traffic and less use of public transport. Without intensified regulation this will expectedly strongly reinforce the tendency to more congestion in and around the major cities. Finally, five alternative future scenarios with full automation and shared mobility are described.

The transport sector faces a period where technological change is expected to lead to bigger changes of the transport system than what we have been used to. Radical changed features of the means of transport, new business models and intensified use of intelligent communication technologies as well as several long-termed societal trends will significantly influence how much, how and where we will travel and move freight in the future.

This report analyses the consequences of these technological changes and societal trends with a particular focus on examining:

- how and how much these can be expected to influence the need for infrastructure development within road, rail, sea and air transport.
- to what extent this need depends on the substantial uncertainties relating to future development.

The expected lifetime of infrastructure investments is long; technically often more than a hundred years. A hundred years from now technological development will have changed the transport sector radically and societal trends will have resulted in big changes in where we live and where and how much we travel. The economic lifetime, that is the time horizon with significant benefits for the infrastructure users, can therefore be much shorter. Cost-benefit analyses takes this into account to some extent by only counting user benefits for a

shorter period (typical 40 years). But even within this shorter time horizon the benefits and costs can change significantly and therefore be very uncertain because we do not know what the future will look like.

Societal trends that will affect the total transport demand

Key drivers for future transport demand will be economic growth, population growth, ageing and urbanization. Long distance travel is expected to increase by about 35% towards 2050. Car will also in the future be the dominant mode of passenger transport and is expected to have an increasing market share. Walking and biking accounts for about one fourth of the trips but only an insignificant share of the travelled kilometers. Public transport is clearly most used in and around the major cities, while aviation has a much higher share in remote, rural areas.

Economic growth

Table S.1 shows the importance of the assumptions made about future economic growth for long distance travel.

Table S.1 Estimated development in passenger kilometres for long distance travel under alternative assumptions about economic growth. 2018 = 100.

	Reference 2050	High growth 2050	Low growth 2050
Yearly growth in private consumption per capita	1.45%	1.94%	0.00%
Passenger-km in 2050 (2018=100)	135	145	120

Source: Tabell 2.2.

With the reference assumption of an average yearly growth per capita of 1.45%, calculations with the national transport model indicates that total passenger kilometres will increase by 35% towards 2050. With high ($\approx 2\%$ per year) and no growth assumptions the figures are 45% and 20% respectively for the same period. If the model adequately reflects the relation on economic growth, it shows how the economic growth is of great significance for how fast long-distance travel will grow.

Demographic changes

Significant demographic changes are expected over the next 20-30 years:

- *Population growth*: By 2040 the Norwegian population is expected to be about 16% higher, primarily due to immigration and decreasing mortality rates.
- *Ageing*: Most of the population growth will appear as a significantly increased proportion of elderly above 65 years and an increased proportion of children and youth.
- *Urbanization*: Movements to the urban areas and especially from town to the major cities have taken place in the last hundred years and is expected to continue in the future.

Table S.2 shows estimations of the effect on total passenger kilometres for each of these trends. The calculations are based on the population projections from Statistics Norway and

the Norwegian Travel Survey (RVU) 2013/14, under the assumption that the population's travel patterns will not change towards 2040 compared to RVU 2013/14.

Table S.2 Total daily travel demand in 2040 (2018 =100) by travel purpose.
Assuming unchanged travel patterns within groups.

Travel purpose:	All	Work and school	Business	Private
Main alternative (MMMM)				
Population growth	116	116	116	116
Population growth + changed age composition	111	106	107	114
Population growth + changed age composition + movements between municipalities	110	105	106	113

Source: Tabell 2.6.

Looking only at population growth, it will by assumption result in the same transport growth with unchanged transport patterns, that is a 16% increase by 2040. Taking into account that the elderly and young people travel shorter distances, the demographic changes across age groups will reduce the growth by 5 %-points to 11%. As expected, the reduction is biggest for work- and school-related trips. If we additionally take into account that people will be more inclined to live in (larger) urban areas where the travel distances are shorter, the growth will be reduced by another 1%-point.

Changed travel behaviour?

The assumption of unchanged travel behaviour is of course a strong simplification. But it serves to illustrate the isolated effects of each of the trends; that there will be more of us, we will become older and will live more and more in cities. However, there can, in particular, be a reason to look more into the expected travel behavior of the upcoming older generations as other societal trends drives this group towards more travel activities than people within these age groups today:

- *Better health* means that you will have better possibilities to maintain high mobility later in life.
- *Postponed retirement* will result in an increased number of commuting trips.
- *Generation effects* will increase travel activity: A 40-year old person travels more than a person at same age 20 years ago. A part of this difference is related to life style changes that he or she probably will maintain later in life.
- *Gender equality*: Men above 70 travel on average significantly longer for everyday private trips than women of the same age, but this not the case for age groups below 60.

It is difficult to estimate how these lifestyle changes will affect travel demand decades from now. However, a calculation with stylized assumptions can give an idea of the order of magnitude of the effect compared to the trends analysed in Table S.2. The calculations indicate that the four lifestyle changes above can potentially more than outweigh the impacts from the demographic changes in Table S.2.

Consequences of the global warming challenge

Based on the huge challenges related to global warming the Norwegian Government has declared it will strive to make Norway a low-emission society with a 90-95% cut in greenhouse gas emissions in 2050 and halve emissions from transport in 2030 compared to 2005². Transport sector emissions account for 30% of today's emissions and the share is increasing. This level of ambition implies that almost all land transport has to be emission free in 2050 supplemented by substantial cuts in emissions from aviation.

Railway transport

The railways in Norway are already today practically emission free because of electric propulsion on most railway lines and a power production dominated by renewable energy sources. Today this gives the train a clear environmental advantage compared both the private car and air transport.

Road transport

Road transport is by far responsible for the majority of transport related CO₂ emissions. For *passenger cars* the technological development of electric vehicles has been so rapid that full transition to battery electric propulsion appears to be practically feasible within few years. The targets in the current *National Transport Plan 2018-2029* states that all new cars sold from 2025 will be zero-emission vehicles. From 2030 the same will apply for vans (as well as for 75% of long-distance busses). This means that as the vehicle fleet is replaced, most light-duty vehicle traffic will be without global warming emissions in about 20 years. Implementing technical solutions that can drastically reduce emissions from *heavy goods road transport* are much more challenging, especially for long distances. We cannot say with reasonable certainty which the future zero-emission propulsion systems for long distance vehicles for heavy goods will be. There are several technological options, for example:

- Electrification in combination with
 - battery
 - fuel cell and synthetic fuel, e.g. hydrogen
 - overhead catenaries supplemented by small batteries for the first/last mile
- Combustion engine in combination with
 - synthetic fuels, including hydrogen, as energy carrier, produced from renewable energy based power
 - biofuels, possibly in combination with synthetic fuels

Today, these alternatives are either not ready for implementation, costly or with dubious sustainability in full scale implementation. In addition, strategic national choice of technology is complicated because of the fact that it will have to be in line with technology development in the rest of Europe where vehicle production takes place.

However, technological solutions that can transform the propulsion system of heavy goods vehicles towards renewable energy is a necessity. This is because a shift of freight from road to rail or sea, to the extent necessary to achieve the reduction targets, is not realistic.

An important consequence of the necessity of road transport being practically emission free in the future is that the train's global warming advantage will vanish, and climate policy will no longer be an argument for the 'zero-growth target' for car traffic in the major urban areas or for the 'shifting freight from road to rail and sea' strategy.

² Politisk plattform for en regjering utgått av Høyre, Fremskrittspartiet, Venstre og Kristelig Folkeparti den 17. januar 2019 [<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2626036/>].

Air transport

Civil aviation accounts for about 7% of the greenhouse gas emissions from Norwegian domestic transport and from international routes. Flight travel is expected to increase significantly in the future which makes measures to reduce emissions from air travel increasingly important. Over the past two decades CO₂ emissions per passenger kilometer has been reduced to the same order of magnitude as for cars. But the global warming effect from aircraft emissions are stronger when they occur at high altitudes. In addition, the high travel speed of airplanes is in itself a problematic factor from a CO₂ emission perspective because it is possible to travel to very far away destinations resulting in high emissions per trip. Sustainable biofuels or synthetic fuels are feasible technical options for significant emission reductions, but their use is insignificant at present. Substantial research is ongoing to develop electric propulsion for aircraft, but even if successful, it will at best contribute significantly to emission reductions beyond 2030.

Ferries and sea transport

Sea transport is also only in the very initial phase of a transformation to zero-emission technology. The transformation may over time increase energy costs and hence increase transport costs for both seaborne freight and road connecting ferries across the fjords. But it will probably not be to an extent which will have substantial influence on transport demand.

New technologies and business models

Cooperating intelligent transport systems

The roll-out of 5G telecommunication will dramatically increase reliability, speed and capacity of wireless data transmission. This is expected to increase the potential of Co-operating intelligent transport systems C-ITS by enabling vehicle-to-vehicle and vehicle-to-infrastructure connectivity for real-time exchange of relevant data on position, speed, direction and weather conditions. C-ITS is expected to provide significant societal benefits in terms of better traffic flows and increased road capacity as well as traffic safety improvements, fuel savings and lower emissions.

Automation

Technology for automation of road transport has advanced rapidly over the last ten years, but the time horizon for offering practical use in Norway is still very uncertain. At the same time there is little doubt that automated cars will have wide-ranging impacts on transport demand and the transport system, even though it is difficult to predict how much and to what extent it will change our choice of mode of transport. These uncertainties give rise to correspondingly high risks for mistakes in infrastructure investments.

Automation is best considered as a continuum of gradually less human involvement in the driving process. From a user and transport behaviour perspective two levels can in the future result in decisive changes compared to today, related to the need for a driver:

Self-driving vehicles with a human in the driver's seat: The car (or the bus, train, ferry or airplane) is capable of driving safely without human interference but a human 'back-up' has to be on stand-by and ready to take over with short notice on request from the car when unexpected situations occasionally occur. The expected direct societal benefits are especially:

- *Enhanced traffic safety by avoiding human errors.* Inattention, speeding, overlooking other road users and other driver related risk factors are the most important causal effects for traffic accidents.
- *The driver can utilize travel time for something more useful.* Spending time driving will therefore be less disadvantageous.

Both effects are most important for private car use compared to other modes, because professional drives must be paid anyway. This type of automation will probably be easiest to implement on motorways and most difficult to implement in urban traffic and under bad weather conditions.

The generalized travel costs for private cars will diminish, leading to an increase in demand for car driving and attracting trips from other modes, including public transport. Higher value will be attached to comfortable driving as it makes travel time more useful. This may impact road design and maintenance, e.g. road curvature and pavement quality. Traffic capacity may also increase for some roads if lane width and safety distances between automated cars can be reduced.

Driverless vehicles: Safe door-to-door transport without a driver onboard. A crucial impact is that it will also be possible to reposition empty vehicles. Full automation appears to be extremely difficult, so what we may see first is driverless driving confined to a certain area (geofencing) or road type or conditional of weather condition etc. Driverless cars will give rise to distinctly new possibilities:

- *New user groups of private cars.* People without a driver license can use a car, e.g. children and elders, who are now dependent on public transport or on others to give them a ride. Similarly, you can get things carried from one place to another without having to spend your own or a driver's time getting it done.
- *Higher utilization rate by empty repositioning.* Today private cars stand still while the user stays at the destination. If the car can drive home by itself the rest of the family can use it, while parents are at work. This means that the actual car access is increased in households with both one and two cars.

These new opportunities for car use will most likely significantly amplify impacts of self-driving cars with a human in the driver's seat in terms of an increased demand for car driving and less demand for public transport.

In general, automation will only slowly penetrate the car fleet, partly because it will take many years from introduction to full market share among new car sales, and partly because private cars typically last far more than ten years.

Automation of trucks is primarily relevant as driverless vehicles. You can save costs for the driver, which constitute of about a half of the total costs per truck kilometer.

Automated long distance road haulage does not have to be door-to-door but could be between distribution terminals or specially designed logistics centres with own exits at motorways outside cities, where chauffeurs take over the first/last mile driving. The strong commercial potential from the saved driver costs might drive automation to faster implementation for trucks than for private cars.

Within **air, rail and sea transport** automation can potentially reduce operational costs and increase infrastructure capacity, but the driver's share of total costs will be far less

compared to road transport which indicates that price reductions and thereby much smaller demand effects in general.

Shared mobility

New shared mobility solutions are growing rapidly, but their share of total transport volumes is still limited. The potential for shared mobility solutions is biggest in cities for logistic reasons. Car sharing can be considered as an alternative to a private car or an alternative to a second car in the household. It can, on the other hand, increase car access for those who cannot afford a car or for those not needing an own car. It is not clear whether widespread car sharing will lead to more or less car traffic. But an important impact will be a decreased demand for parking lots, which is especially important in cities, where space is scarce and there are other valuable alternative uses of parking areas that benefit urban life. Prices on parking reflecting this value can be a cost-effective instrument to promote car sharing and thereby optimizing the use of urban space.

Automated shared mobility concepts

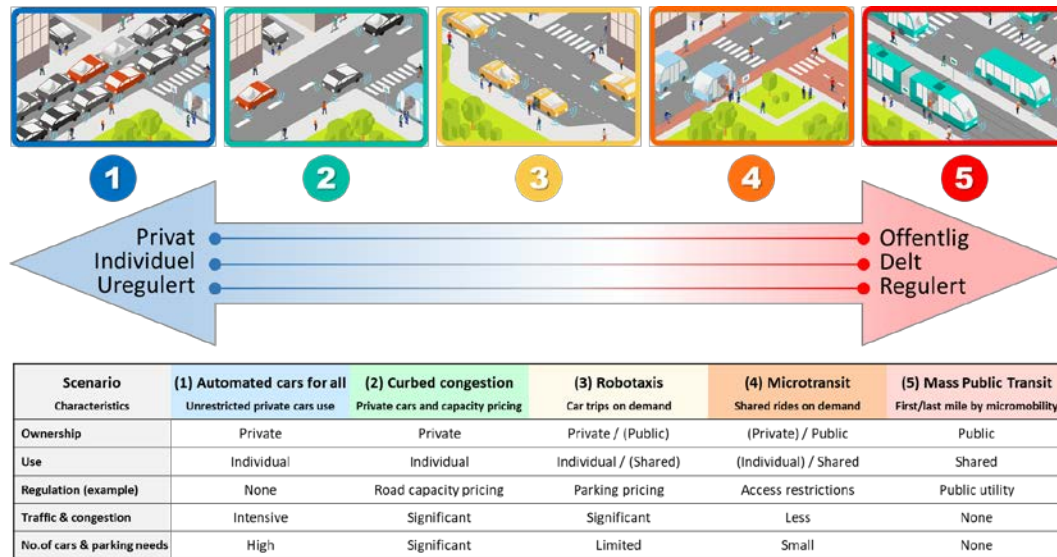
When comparing car sharing to owning a private car a main disadvantage is that you have to walk to the car, which will typically not be parked at your front door. Taxis solve this problem for you and drive you door-to-door, as do Uber/Lyft-concepts that have taken over dominant market shares in many big US cities. Within a few years these platform-based concepts expect to start using driverless cars, also called 'Robotaxis'. The time horizon for commercial roll-out, as well as which countries and cities they will be operating in, is currently very uncertain.

However, it seems fair to conclude that:

- Robotaxis could give big mobility improvements for people not having access to use a car today. The need for parking space in city centres could be reduced significantly to the extent that robotaxis could replace inhabitants' private cars.
- Empty driving, detours, shifts from public transport and increased transport demand will result in significant increased car traffic up to a level that without stricter regulation would lead to unsustainable congestion and travel time delays.
- Integrating robotaxis in mass transit transportation systems, especially as a 'first/last-mile' service, could improve public transport and potentially increase ridership in and around major cities.

Scenarios for automation and shared mobility in future transportation

The figure below presents an overview of five scenarios for future electrified, fully automated road transport in urban areas with different degrees of shared solutions.



The scenarios span over three different dimensions:

Private ↔ Public
 Individual ↔ Shared
 Unregulated ↔ Regulated

which in practice will correlate. The five scenarios are described below to highlight the differences. But reality could rather be seen as a mixture with varying weight on each scenario.

1. *Automated Cars for All.* New possibilities with driverless, private cars will result in significantly higher demand for car use, which without strong regulation will lead to very substantial traffic growth. In city centres this will cause severe congestion problems which will limit mobility in these areas. Outside densely populated areas people without a driver's license can obtain substantial mobility advantages by car use compared to dependency on other modes.
2. *Curbed Congestion.* This scenario can be seen as an active regulatory reaction to the traffic challenges by the previous scenario's unconstrained individual use of automated cars. Cooperative intelligent communication technology will facilitate the use of dynamic road pricing as a regulatory measure where severe congestion reduces mobility. Such a system will have clear advantages in terms of efficiency and fairness compared to the toll rings used today in Norway primarily for financial purposes.
3. *Robotaxis.* On-demand driveless taxis with high capacity utilisation and no costs to a driver might make this concept an attractive alternative to owning a car, especially in big cities where there is less need for a car and the costs and troubles related to parking are substantial. Widespread abandoning of private cars will not necessarily result in less driving and congestion than in the previous private car scenarios. The main advantage will be a by far smaller vehicle fleet that will need dramatically smaller area for parking spaces in cities, where space is scarce.

4. *Microtransit*. For car sharing and robotaxis to give less car traffic and congestion they will require a higher occupancy rate. This can be achieved by sharing the ride with others, who are not necessarily going from the same origin to the same destination. It also implies accepting a bit longer travel time connected with a detour. On the other hand, the price will also be shared, but perhaps the savings will not be enough to make us share the ride with strangers. Road pricing at a level that will significantly reduce congestion can amplify the incentives to develop and use ride-sharing concepts because the price per passenger will be much less with more people in the vehicle. In less densely populated areas and between cities shared on-demand services can serve as individualized alternative to traditional public transport.
5. *Mass Transit*. The focus of this scenario is primarily on the biggest cities' challenges with securing mobility by diminishing congestion. Conventional public transport concepts with high capacity seem to be a necessary part of a well-functioning transport system in a big city, irrespectively of the advent of automated and individualized, shared mobility concepts. Full automation of metro, tram and bus can reduce costs and improve operations and can, particularly for buses, give high frequencies in off-peak at low marginal costs. App-based micromobility concepts can be integrated in the public transport as part of first/last mile transport to develop create *Mobility-as-a-Service* solutions.

The balance between the advantages and disadvantages of the different modes of transport is closely related to the degree of urbanisation and trip length. This will also be the case in a future with autonomous vehicles and shared mobility. The bigger the city and the higher the population density, the more advantageous will the scenarios in the right-hand side of the figure be and vice versa.

1 Innledning

Transportsektoren står overfor en periode hvor teknologiske endringer forventes å føre til større forandringer i transportsystemet enn vi har vært vant til, gjennom radikalt endrede egenskaper ved transportmidlene, nye forretningsmodeller og økt bruk av IKT. På den ene siden vil det påvirke omfanget av transportbehovet og konkurranseflaten mellom de ulike transportmidler. På den andre siden vil det gi nye og kanskje mer kostnadseffektive infrastrukturløsninger til å håndtere disse endringene i transportbehovene.

Men framtidens transportbehov er ikke alene under innflytelse av teknologiske endringer. En rekke langsiktige samfunnstrender vil i høy grad også påvirke hvor mye, hvordan og hvor vi vil reise og flytte gods i fremtiden.

Denne rapporten analyserer konsekvensene av de teknologiske endringer og samfunnstrender som vurderes å få størst betydning for utviklingen i transportbehovet og innretningen av transportsektoren. Fokus vil især være på å belyse:

- hvordan og hvor mye både teknologiutviklingen og samfunnstrendene kan forventes å påvirke behovet for infrastrukturbygging innenfor vei, bane, sjø og luft, og
- i hvilket omfang dette behovet avhenger av de store usikkerheter om den fremtidige utviklingen.

Et vesentlig, men ofte oversett, aspekt i den offentlige debatt om prioritering av infrastrukturinvesteringer på tvers av transportmidlene er disses funksjonalitet og relative fordeler og ulemper i ulike situasjoner. Dette gjelder både fra den enkelte trafikants synspunkt og fra et samfunnsmessig perspektiv. Konkurranseflatene mellom vei, jernbane, sjø- og luftfart avhenger i høy grad av graden av urbanitet og turens lengde. Forenklet kan man skille mellom fire ulike situasjoner:

- a) Bysentre,
- b) Rundt de største byene,
- c) Utenfor byene,
- d) Lange reiser.

Typiske karakteristika for de transportpolitiske utfordringer i hvert av de fire områder er beskrevet i boks 1³.

³ For en utdyping se: *Mobilitet for Fremtiden*, 2018 Kapittel 7.

- **Bysentre**, mest utpreget i de største byene, hvor befolkningstettheten er høy og de tilgjengelige arealene er en veldig knapp faktor. Trafikken er regelmessig preget av trengsel og parkering er en utfordring. Den kollektive trafikken er en viktig del av transportsystemets samlede kapasitet og omfanget av de avledete negative effekter av trafikken, som trengsel, støy og forurensning avhenger av balansen i turfordelingen mellom de ulike transportmidlene. Korte avstander til mange turmål betyr at sykkel og gang også benyttes hyppig. Tett samspill mellom trafikk- og byplanlegging og infrastrukturinvesteringer er viktig for bykvaliteten.
- **Rundt de største byene** er befolkningstettheten mindre og bruk av bil høyere, da parkering som regel er tilgjengelig og trafikkbelastningen som regel er moderat i lokale strøk. I rushtiden er pendlingstrafikken til bysenteret og på det overordnede veinett en avgjørende faktor for trengsel og nedsatt framkommelighet. Et høyklasse kollektivt transporttilbud med betydelig markedsandel er derfor avgjørende for det samlede byområdets mobilitet. En vesentlig utfordring for dette er den såkalte "first-last mile" utfordring med å komme tilstrekkelig raskt og komfortabelt til stasjonene for tog, t-bane eller hurtigbussknutepunktene, som ligger mindre tett enn i bysentret.
- **Utenfor byene**, og til dels også i de mindre byene, er bilen dominerende, når turen er lengre enn at sykkel og gang er et brukbart alternativ. Men selv i rushtiden er veinettets kapasitet kun utfordret noen få steder. Attraktiv kollektiv transport med buss og tog er vanskelig å få til. Det krever offentlig tilskudd og tilbys først og fremst for å sikre et akseptabelt mobilitetsnivå for personer uten førerkort, som ikke har adgang til å kjøre bil selv, det vil si ikke minst barn og eldre.
- **Lange reiser**, er også dominert av biltrafikken, men når utgangspunkt og destinasjon er tett på stasjoner kan tog i noen tilfelle være et konkurransedyktig alternativ. På helt lange reiser (over 1000 km) er fly det mest brukte alternativ, da den høye hastigheten gir kortest reisetid selv når man regner med til- og frabringstrafikk til flyplass. Størstedelen av lange bilturer skjer i avstand fra de store byer. Her er trafikken i hovedsak lavere enn veiens kapasitet, og reisehastigheten derfor bestemt av hva som er forsvarlig ut fra veiens utforming og vær. For de deler av turen som skjer tett på eller i byene blandes langdistansetrafikken med lokal trafikk og påvirkes derfor av trengsel i samme omfang som beskrevet under "Rundt de største byene" og "Bysentre".

1.1 Formålet med investeringer i transportsystemet

Fokus for denne analysen av hvordan teknologiutviklingen og samfunnstrendene kan forventes å påvirke det framtidige behovet for transportinfrastruktur, er på å belyse implikasjonene for politiske beslutninger om omfanget av infrastrukturutbygging og om prioriteringen mellom de enkelte prosjektene.

Forutsetningen for å kunne vurdere dette er at man har klart for seg hva som er målet med investeringer i utbygging av transportinfrastrukturen. Ett perspektiv på investering i utbygging av infrastrukturen er å kategorisere effektene i fire typer av fordeler, som bidrar til oppfyllelse av målene med transportpolitikken:

Det overordnede og langsiktige målet i transportpolitikken:

Et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskaping og bidrar til omstilling til lavutslippssamfunnet.

[NTP 2018-2029]

- **Større kapasitet kan redusere trengselen.** I områder der trafikken på visse tidspunkt er tett på eller overstiger kapasitetsgrensen, vil utbygging eksempelvis til fire-feltsvei eller dobbeltsporet jernbane gi spart reisetid gjennom bedre framkommelighet. Dette er mest utbredt i byene og på hovedkorridorer til og rundt de største byene.
I framtiden kan investeringer i avansert IKT og bruk av realtidsdata kanskje gi økt kapasitet av både vei og bane som alternativ til kostnadskrevenne fysisk utbygging av infrastrukturen.

- **Oppgradering kan øke free-flow hastigheten.** Oppgradering til vei- og bane-kategorier med høyere tillatt hastighet vil kunne spare reisetid der reisehastigheten ikke er nedsatt på grunn av kapasitetsproblemer. Typiske tilfeller er erstatning av ferge med bro eller tunnel, motorveier mellom byene, eller omkjøringsvei i stedet for gjennom by med redusert hastighet.
I framtiden kan utbredelsen av avanserte førerstøtteteknologier og automatisering kanskje gjøre det sikkerhetsmessig forsvarlig å øke free-flow hastigheten uten kostnadskrevende fysisk oppgradering av infrastrukturen.
- **Nye forbindelser kan forkorte reiseavstanden.** En tunnel, bro eller ny lenke kan spare omveier og kan selv med uendret reisehastighet gi samme tidsbesparelser som økt free-flow hastighet.
I framtiden kan nye bærekraftige, automatiserte konsepter innen luftfart eller sjøfart kanskje være alternativer til kostnadskrevende fjord- og fjellkryssinger med vei og bane.
- **Endret design eller linjeføring kan minske de negative effekter fra trafikken,** for eksempel øke trafikksikkerheten, redusere klimagassutslippet eller gi mindre eksponering for luftforurensning eller støybelastning.
I framtiden vil mange av de samme gevinstene trolig også, og kanskje mer effektivt, kunne oppnås gjennom sikre og bærekraftige kjøretøy.

"Verdiskaping", som inngår i transportpolitikken målsetning, er relatert til de tre første kulepunktene, mens et "sikkert transportsystem" og "omstilling til lavutslippssamfunnet" er knyttet til det fjerde. I den politiske argumentasjon for viktigheten av infrastruktur-investeringer nevnes ofte andre mer samfunnsnære faktorer som "økonomisk vekst", "fremme av næringsliv" og "byutvikling". Disse effekter er naturligvis av avgjørende betydning, men de må betraktes som avledet av mobilitetsfordelene i de tre første kulepunktene og ikke i tillegg til disse.

Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv vil oppgradering av en strekning eller en ny forbindelse ha størst fordel når mange trafikanter vil få reistidsfordelene. Disse investeringene vil som regel også innebære en kapasitetseffekt, som vil gi de ovennevnte reisetidsfordeler også i situasjoner med trengsel.

Bildet kompliseres ytterligere av at spart reisetid⁴ også gir anledning til at trafikantene endrer transportatferd i form av endret valg av transportmiddel eller økt antall turer og reiseavstand. Derfor kan man også satse på å redusere de negative effektene fra trafikken gjennom investeringer som forbedrer en miljøvennlig eller sikker transportform (for eksempel jernbanen). Dette forutsetter i praksis at det skjer en vesentlig overføring av personturer eller godstransport fra vei til bane. I samfunnsøkonomiske analyser beregnes effekten av overføring ofte som klart mindre enn de direkte fordelene for eksisterende brukere av toget.

⁴ Her og ovenfor nevnes bare reisetid som den ofte vesentligste gevinsten i det som generelt kalles *generalisert reisekostnad* (eller transportkostnad for gods), som også omfatter utgifter til drivstoff, billetter osv., avgangshyppighet og forskjellige komfortaspekter av reisen.

1.2 Oversikt over utvalgte usikkerhetsfaktorer

Som nevnt er der betydelige usikkerheter knyttet til den langsiktige samfunnsutviklingen og spesielt til hvilke teknologiske muligheter som vil få gjennombrudd og når. Derfor er det en viss sannsynlighet for at vi legger til grunn feile forutsetninger om etterspørselen og overvurderer gevinstene av planlagte infrastrukturinvesteringer, eller at nye, innovative løsninger gir mer kostnadseffektive måter å oppnå (tilnærmedesvis) samme måloppfyllelse. Det vil gi risiko for feilinvesteringer som må minimeres gjennom konsekvente følsomhetsanalyser, som kan belyse konsekvensene av sentrale usikkerhetsfaktorer.

"Det vil nesten alltid foreligge en risiko med å ta i bruk ny teknologi. Samtidig vil det ofte være nødvendig å ta noe risiko om man ønsker å lykkes.

Spørsmålet blir derfor heller i hvilken grad man skal kunne tillate seg risiko for feilinvesteringer, og hvordan man best kan begrense risikoen og konsekvensene av denne."

[Strategisk mulighetsrom ved ny teknologi s. 46]

Et stort antall eksisterende rapporter beskriver hvordan diverse megatrender kan påvirke transportsektoren. Dette gjelder både generelle samfunnstrender og spirende tendenser til trendbrudd for noen av disse, men også nye teknologier, senest *Teknologitrender i Transportsektoren*⁵, som gir en oversikt oppdelt på ni områder. Langt de fleste analyser begrenser seg til en kvalitativ beskrivelse av *hvordan* transportsektoren påvirkes, og få forsøker å vurdere *hvor mye* den påvirkes.

Denne analysen vil omhandle hvordan alternative scenarieforutsetninger om den framtidige utviklingen i utvalgte samfunnstrender og transportteknologier kan omsettes til konsekvenser for transportetterspørselen, beregnet som relative endringer i forhold til en basisframskrivning:

- I noen tilfeller, typisk noen nye teknologier, kan effekten kvantifiseres ved hjelp av transportmodeller. Alternativer til basisforutsetningene om utviklingen fremover tolkes som endring av modellparametere som bestemmer transportatferden sammenliknet med en basissetterspørsel. Reisetiden og -kostnadene er sentrale faktorer i prognoser for transportbehovet og for fordelingen på transportmidler og geografi.
- I andre tilfeller, eksempelvis demografiske endringer som urbanisering og eldre befolkning, kan der tas utgangspunkt i reisevaneundersøkelsens opplysninger om forskjeller i de ulike befolkningsgruppers gjennomsnittlige transportmønstre.
- Til slutt vil det være tilfeller hvor ingen av de ovenstående metoder gir mening. Da vil analysen bli begrenset til mer kvalitative vurderinger av konsekvensene.

Analysene skal lede frem til en sammenfattende vurdering av hvilke usikkerhetsfaktorer som har vesentlig eller størst betydning for prioriteringen av utbyggingsplanene for infrastrukturen.

⁵ Utredningsrapport til Nasjonal Transportplan 2022-2033, 25. April 2019.

1.3 Tidsperspektivet

Levetiden av infrastruktur er lang; teknisk sett typisk mer enn hundre år. Men den økonomiske levetid, det vil si den tidshorisont hvor veien eller jernbanen gir nytte for trafikantene, kan være kortere og vil avhenge av den fremtidige utviklingen. Dette gjelder blant annet lokalisering av bosteder og arbeidsplasser og ikke minst teknologiske innovasjoner som gir markante fortrinn til ett transportmiddel og derigjennom endrer konkurranseflater og rollefordeling mellom transportformene radikalt.

Usikkerheten om hva som kommer til å skje vokser naturligvis med hvor langt inn i framtiden vi ser. Det samme gjør seg derfor også gjeldende for de trafikant- og miljøgevinster som kan betraktes som infrastrukturinvesteringens avkastning. Mange av prosjektene i neste NTP vil ikke stå ferdige innen 2030. Den samlede verdien av reistidsbesparelser avhenger av de fremtidige trafikktall, som i sin tur i høy grad er bestemt av hvor mange som kommer til å bo og jobbe i de områder som den nye infrastrukturen betjener. Tilsvarende vil miljø- og sikkerhetsgevinster ikke avhenge av dagens, men av framtidens utslippsfaktorer og ulykkesrisiko, som i sin tur bestemmes av inntrengningshastigheten for nye og mer bærekraftige transportteknologier.

I samfunnsøkonomiske analyser er det konvensjonen at man bare tar med konsekvenser i en 40 års horisont fra anlegget tas i bruk. Dette innebærer en viss robusthet i forhold til at usikkerheten om gevinstenes verdi vokser over tiden.

Det er avtalt at tidshorisonten for analysene av framtidens transportbehov er 2050 og framskrivingene i dette notatet vil bli basert på dette året i det omfang grunnlagsdata i form av prognoser for befolkning og økonomisk vekst er tilgjengelige. Men betraktningene for perioden frem til da vil i noen tilfeller også være relevante. Følgende betegnelse vil bli brukt om ulike tidsperspektiver:

- Lang sikt: cirka 2050
- Mellomlang sikt: cirka 2030
- Kort sikt: cirka 2025 eller før

Mellomlang sikt svarer da til mååret for Norges klimagassutslippskutt i henhold til internasjonale forpliktelser, mens kort sikt er de første årene av neste NTP-periode.

2 Samfunnstrender som vil påvirke transportbehovet

Mange samfunnstrender kan tenkes å påvirke behovet for transport. Analysene vil her være begrenset til trender relatert til økonomi og demografi:

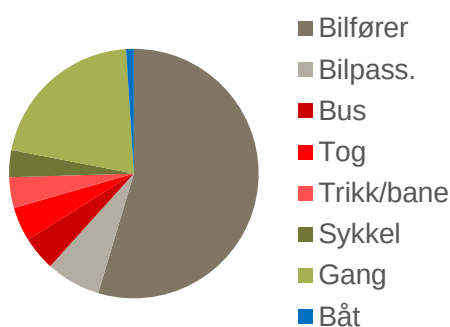
- Økonomisk vekst
- Demografiske forskyvninger
- Endret atferd
- Økt urbanisering

For hver av disse faktorene kan det historisk konstateres en klar sammenheng med transportetterspørselen og det er mulig å lage forskjellige framskrivninger som kan belyse betydningen av usikkerheten på den framtidige utvikling av denne faktor.

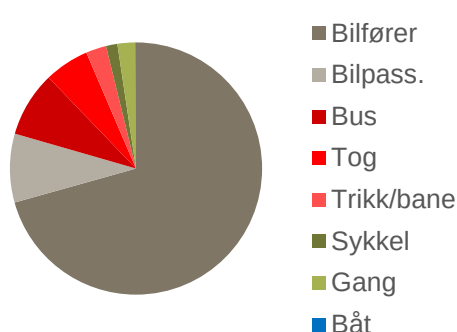
2.1 Transportbehovet fram mot 2050

Innledningsvis gis et overblikk over persontransporten i Norge basert på beregninger med transportvirksomhetenes modellverktøy. Korte reiser beregnes med RTM, som omfatter korte reiser innenlands for personer over 13 år. I 2018 var det ca. 7 millioner innenlands korte reiser (under syv mil) i Norge, hvilket svarer til at hver innbygger hadde litt mer enn 9 korte reiser per uke. Transportmiddelfordelingen var dominert av bil, spesielt når vi ser på persontransportarbeidet. Sykkel og gang har en vesentlig del av reisene, men de er korte så de betyr mindre i samlet transportarbeid. Togturer er noe lengre enn gjennomsnittet og har derfor større andel av transportarbeidet enn av antall reiser.

Fordeling av antal reiser



Fordeling av persontransportarbeid



Figur 2.1 Korte reisers fordeling på transportform. Vektet etter henholdsvis antall reiser og persontransportarbeid.
Kilde: RTM-beregninger for 2018.

Ser vi deretter på modellframskrivninger basert på RTM med SSBs befolkningsprognose MMMM gir Tabell 2.1 et overblikk over den nasjonale utviklingen frem mot 2050 for både antall reiser og transportarbeidet, oppdelt på transportmidler.

Tabell 2.1 Beregnet utvikling i innenlands antall korte reiser og persontransportarbeid. %-vis vekst i forhold til 2018. Korte reiser (under 7 mil), inklusive skolereiser.

År	Antall reiser			Persontransportarbeid		
	2030	2050	Vekst per år 2018-2050	2030	2050	Vekst per år 2018-2050
Alle korte reiser	+8%	+19%	0,52%	+15%	+31%	0,9%
Bilfører	+9%	+20%	0,56%	+16%	+34%	0,9%
Bilpass.	+11%	+22%	0,63%	+19%	+40%	1,0%
Kollektiv	+10%	+20%	0,57%	n.a.	n.a.	
Buss	n.a.	n.a.		+7%	+16%	0,5%
Tog	n.a.	n.a.		+21%	+38%	1,0%
Trikk/bane	n.a.	n.a.		+15%	+29%	0,8%
Sykkel	+4%	+10%	0,31%	+5%	+11%	0,3%
Gang	+4%	+12%	0,36%	+3%	+10%	0,3%
Båt	n.a.	n.a.		+9%	+18%	0,5%

Det fremgår av tabellen at der generelt kan forventes en vekst i antall korte reiser for alle transportmidler. I 2030 forventes 8% flere reiser enn i dag, økende til 19% flere i 2050. Transportarbeidet forventes å vokse med 15% frem mot 2030 og 31% til 2050, altså enda mer enn antall turer. Det innebærer at turene også forventes å bli lengre. For de lange reisene, som ikke er med i ovenstående tabell, forventes veksten å bli enda høyere.

Både bilfører, bilpassasjerer og kollektivtrafikken forventes å øke antall reiser noenlunde likt, mens veksten blir mindre for sykkel og gange. Dette henger antageligvis sammen med at turlengdene også vil øke. Veksten i antall reiser og trafikkarbeid for bilfører på hhv 20% og 34% til 2050 er spesielt interessant, da det har størst betydning for kapasitetsutnyttelsen i veinettet. Kapasitetspresset varierer geografisk og over døgnet og er størst i rushtiden, hvor arbeidsreiser dominerer.

Størrelsen på veksten og fordelingen på transportformer avhenger bl.a. av de reisetidsgevinster som kommer fra politisk vedtatte infrastrukturinvesteringer. Veksten er også følsom for forutsetningen om at kilometerkostnaden ved bilkjøring reduseres når elbilandelen øker. Man kan alternativt anta at kilometerkostnaden er uendret sammenliknet med i dag, for eksempel som følge av økte avgifter eller strømpris. Med denne antagelsen reduseres den forventede veksten i trafikkarbeid for lange reiser med personbil fra 52% til 40%⁶.

2.2 Økonomisk vekst

Historisk sett har transportarbeidet vokst kontinuerlig, kun avbrutt av perioder med økonomiske kriser og arbeidsløshet. Økonomisk vekst har vist seg å være en meget sterk forklaringsfaktor for trafikkveksten. Dette gjelder både for godstransporten gjennom økt forbruk av varer, som må fraktes rundt, og for persontransporten hvor økt velstand også anvendes til å reise mer og lengre. En vesentlig begrunnelse er at flere får råd til bil og bil nummer to, når inntekten øker.

⁶ For en utdyping se Framtidens transportbehov. Følsomhetsberegninger av transportframskrivninger og transportutvikling i korridorer. (TØI rapport 1722/2019).

I NTM6⁷ brukes framskrivinger av nasjonalregnskapets tall for privat forbruk per innbygger som indikator for velstandsutviklingen. I referanseframskrivingen antas i overensstemmelse med Perspektivmeldingen 2017 (s. 121-123) en årlig vekst i privat forbruk pr innbygger på gjennomsnittlig 1,45% for 2015-2050, hvilket svarer til nesten 50% økning til 2040 og cirka 65% til 2050. Der er stor usikkerhet knyttet til både den fremtidige størrelsen på økonomisk vekst og på effekten av denne for transportetterspørselen.

Tabell 2.2 viser følsomhetsanalyser for påvirkningen av økonomisk vekst på utviklingen i persontransportarbeid for lange reiser⁸. 'Lav vekst'-alternativet forutsetter uendret privat forbruk per innbygger i forhold til 2018, mens 'Høy vekst' forutsetter en ytterligere økning på 30 %-poeng samlet sett til 2050.

Tabell 2.2 Beregnet utvikling i persontransportarbeid for lange reiser i referansen og med høy og lav økonomisk vekst. 2018 = 100.

	Andel av transport-arbeidet 2018	Referanse 2050	Høy vekst 2050	Lav vekst 2050
Vekst per år i privat forbruk/innb.		1,45%	1,94%	0,00%
Bilfører	36%	151	165	132
Bilpassasjer	20%	153	168	131
Buss	5%	112	119	103
Båt	0%	96	101	89
Tog	10%	125	132	116
Fly	30%	111	117	104
Totalt	100%	135	145	120

Det fremgår at Høy vekst-scenariet gir en samlet økning i transportarbeid på 45% mot 35% i Referanse-scenariet. Tilsvarende blir veksten bare 20% med null-vekst forutsetningen.

Endringene er noenlunde lik på tvers av transportformer, men høyere vekst gir litt større markedsandel for bilfører og bilpassasjer og litt lavere andel for de øvrige transportformer, inklusiv fly. Om modellen avspeiler sammenhengen korrekt, er størrelsen av den økonomiske veksten altså avgjørende for hvor raskt trafikken kan forventes å øke.

⁷ I den nye RTM-modellversjonen for korte reiser inngår ikke økonomisk utvikling som en forklaringsvariabel, i motsetning til i tidligere versjoner. Tabell 2.2 viser derfor bare konsekvensene for lange reiser.

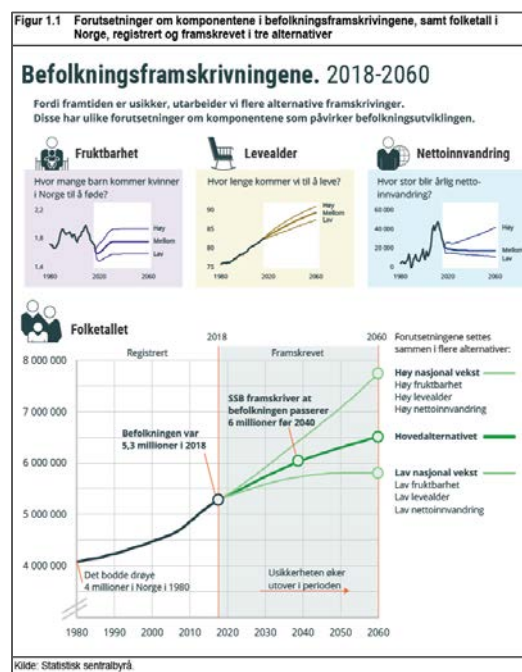
⁸ Betraktet over lange tidshorisonter er det stor korrelasjon mellom økonomisk utvikling og den løpende forbedring av reisehastighet og komfort gjennom investeringer i transportinfrastrukturen, hvilket også gir anledning til økt etterspørsel. De statistiske utfordringer med å skille disse to effektene gir usikkerhet på den rene effekten av høyere inntektsnivå.

2.3 Befolkningsvekst

Det sier seg selv at befolkningsutviklingen har direkte betydning for den samlede transportetterspørsel i fremtiden. Om vi ser bort fra demografiske og geografiske forskyvninger, som behandles i avsnitt 2.4 og 2.5, må der være en tilnærmet én-til-én sammenheng mellom befolkningsvekst og økt etterspørsel etter transport. Dette gjelder bare for uendret transporttilbud. Om ikke transportsystemets kapasitet tilpasses, vil den faktisk realiserte etterspørsel bli mindre, da økt trengsel vil senke reisehastigheten eller på annet vis gjøre det mindre attraktivt å reise. I tillegg vil økt velstand som beskrevet i avsnitt 2.2 også øke transportetterspørselen.

Framskrivning ved bruk av transportmodellene forsøker å ta hensyn til alle disse faktorene. Dette avsnittet fokuserer alene på effekten av endringer i befolkningens størrelse og på hvor mye usikkerheten i befolkningsframskrivinger betyr.

Befolkningsframskrivinger foretas med komplekse demografiske kohort-modeller basert på antagelser om fremtidig fruktbarhet, aldersoppdelt dødelighet samt inn- og utvandring.



Tabellen nedenfor viser befolkningsveksten i ulike alternative framskrivinger frem mot 2050 for personer over 13 år, som er den populasjon som brukes i Reisevaneundersøkelsene og transportmodellene.

Tabell 2.3 Befolkningsvekst i forhold til 2018 (=100) ved alternative framskrivinger sammenliknet med SSBs Hovedalternativ (MMMM).

År		2018	2030	2040	2050	Vekst per år 2018-2050
Hovedalternativ (MMMM)		100	110	116	122	0,61%
Lav nasjonal vekst (LLML)		100	108	111	113	0,39%
Høy nasjonal vekst (HHMH)		100	112	123	134	0,93%
Ingen nettoinnvandring. (MMM0)		100	106	107	107	0,22%

Note: Personer over 13 år.

(WXYZ): W: Fertilitet; X: Levealder; Y: Innenlandsk flytting; Z: Nettoinnvandring
M = Mellom; H = Høy; L = Lav

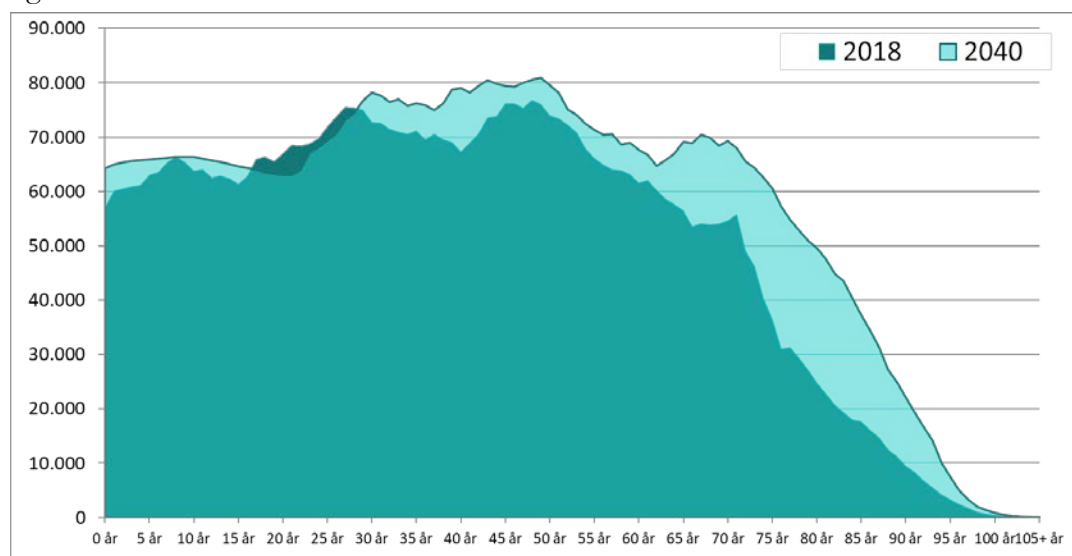
Kilde: SSBs befolkningsframskrivinger, <https://www.ssb.no/statbank/table/11668/>.

Det ses av tabellen at SSBs Hovedalternativ gir en befolkningsvekst på 22% til 2050 og at befolkningen stiger noenlunde jevnt over årene med en gjennomsnittlig årlig vekstrate på 0,61%. De høye og lave alternativene gir 12 %-poeng høyere og 9 %-poeng lavere befolkning (over 13 år) i 2050, mens forskjellene med kortere tidshorisont bare er pluss/minus 2 %-poeng i 2030.

Særlig interessant er det kanskje at alternativet uten nettoinnvandring gir den største endringen, med et fall i befolkningsveksten på hele 15%-poeng i 2050 og 9%-poeng i 2040. Da nettoinnvandring samtidig trolig er den faktor i framskrivingene som er beheftet med størst usikkerhet vil dette ha stor betydning for sikkerheten knyttet til fremtidig transportbehov.

2.4 Demografisk forskyvning⁹

Befolkningsprognosene viser ikke bare at befolkningen kommer til å vokse betydelig. Alderssammensetningen i befolkningen kommer også til å endres betraktelig. Det fremgår av Figur 2.2 at størstedelen av befolkningsveksten i 2040 slår ut gjennom en vesentlig økning av aldersgruppen over 65 år. Det blir litt flere barn og unge og litt færre mellom 20 og 30 år.

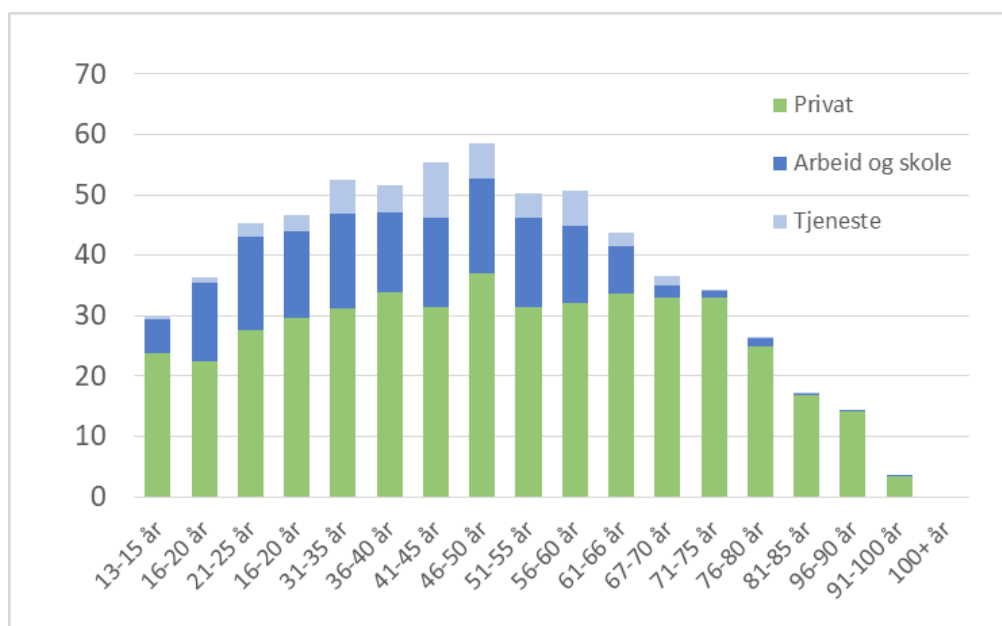


Figur 2.2 Befolkningens fordeling på 1-års aldersgrupper i 2018 og 2040 (Hovedalternativet – MMMM)

Kilde: SSB Befolkningsframskrivingene 2018.

I dag er reisevanene ganske forskjellige på tvers av aldersgrupper. For eksempel er det opplagt at reiser til og fra arbeid blir mindre når man blir pensjonist. I tillegg avtar også øvrige reiser for de eldste aldersgrupper, hvor fysisk helse påvirker aktivitetsnivået. Se figur 2.3.

⁹ I dette avsnittet brukes framskriving til 2040 for å ha konsistens med neste avsnitt. SSBs befolkningsframskrivinger er bare regionalisert frem til 2040.



Figur 2.3 Gjennomsnittlig daglig reiselengde, oppdelt på aldersgrupper og reisehensikt.
Kilde: Reisevaneundersøkelsen 2013-14.

Figurens oppdeling på reisehensikt er relevant i forhold til analyser av fremtidig kapasitetsbehov, fordi reiser til arbeid og skole i høyere grad foregår i rushtiden, hvor kapasitetsutnyttelsen er høyest på størstedelen av både bane- og veiinfrastrukturen. Private reiser i figuren omfatter reisehensiktene:

- 4) Handle/Service; 5) Følge/omsorg; 6) Fritid; 7) Besøk; 8) Annet.

Disse endringer av reiseatferden over livsløpet betyr at det samlede transportbehovet vil bli overvurdert om man bare ser på veksten i den samlede befolkningen, fordi det samtidig forventes en aldring av befolkningen. I tabell 2.4 er dette illustrert ved å anta at den gjennomsnittlige daglige reiselengde i RVU 2013-14 er uendret over tid for hver aldersgruppe i figur 2.3, men oppdelt på menn og kvinner. Med andre ord: Tallene i Figur 2.3 gjelder også i 2018 og 2040. Endringen i 2040 i forhold til 2018 er kombinasjonen av befolkningsvekst og endret alderssammensetning. Se Vedlegg 2.1 for en mer eksakt beskrivelse av beregningsmetoden.

Tabell 2.4 viser både effekten av den rene befolkningsvekst og den samlede effekt av befolkningsvekst og dennes fordeling på aldersgrupper med forskjellig transportetterspørsel. Videre er beregningene gjort for Hovedalternativet (MMMM) og tre alternative befolkningsframskrivinger (LLML, HHMH og MMM0) på samme måte som i Tabell 2.3. Resultatene for ren befolkningsvekst er de samme som i Tabell 2.3 og er ens på tvers av formål, da alle aldersgrupper her har antatt samme gjennomsnittlige daglige reiselengde.

Tabell 2.4 Vekst i samlet daglig transportetterspørsel (millioner personkilometer per dag) i 2040 i forhold til 2018 (=100). Oppdelt på reisehensikt med antagelse om uendrede reisevaner.

Reisehensikt:	Alle	Arbeid og skole	Tjenestereiser	Private
Hovedalternativ (MMMM)				
Befolkningsvekst	116	116	116	116
Befolkningsvekst + Endret alderssammensetning	111	106	107	114
Lav nasjonal vekst (LLML)				
Befolkningsvekst	111	111	111	111
Befolkningsvekst + Endret alderssammensetning	107	102	104	110
Høy nasjonal vekst (HHMH)				
Befolkningsvekst	123	123	123	123
Befolkningsvekst +Endret alderssammensetning	117	112	113	120
Ingen nettoinnvandring (MMM0)				
Befolkningsvekst	107	107	107	107
Befolkningsvekst +Endret alderssammensetning	101	95	97	104

Kilde: Egne beregninger basert på SSB Befolkningsprognoser og Reisevaneundersøkelsen 2013-14.

Ser vi først på resultatene for Hovedalternativet (MMMM), ser vi at befolkningsveksten på cirka 16% bare gir en vekst i samlet daglig transportetterspørsel for alle reisehensikter på 11% i 2040 i forhold til 2018. Veksten er ujevnt fordelt på reisehensikter, hvor reiser til arbeid og skole samt tjenestereiser bare vokser med 6-7% mens private reiser vokser 14%, nesten like mye som befolkningen. Dette skyldes at reiselengde for private turer er vesentlig lavere enn gjennomsnittet for de eldste og små aldersgrupper over 80 år.

For de tre alternative befolkningsframskrivninger er mønsteret det samme. I tillegg er det verdt å bemerke at for scenariet 'Ingen nettoinnvandring' er den samlede vekst i transportetterspørselen nesten 0 og negativ for arbeidsrelaterte reiser. Man bør dog huske på at disse beregninger ikke tar hensyn til forventet velstandsutvikling i perioden, jf. Avsnitt 2.2.

Menn har generelt noe høyere daglig reiselengde enn kvinner, spesielt for arbeids- og tjenestereiser. Den anvendte metoden er derfor brukt på tilsvarende måte for å analysere konsekvensene av endret balanse mellom de to kjønn. Den norske befolkning over 13 år har en svak overvekt av menn på 50,3%. Men andelen faller bare marginalt til 50,2% frem mot 2040. Denne endring er så liten at effekten på transportetterspørselen er tilsvarende ubetydelig.

2.5 Endret reiseatferd

Analysen i Avsnitt 2.4 viste at aldring av befolkningen vil bety at transporttetterspørselen vil vokse mindre enn befolkningsveksten, fordi de eldre aldersgrupper i dag har lavere daglig reiselengde enn resten av befolkningen. Imot denne argumentasjon kan man dog hevde at fremtidens eldre ikke vil ha samme reisevaner som dagens eldre. Flere faktorer spiller inn, ikke minst:

- Tall fra Statistisk Sentralbyrå viser at forventet restlevetid for 60-åringer har økt med 4,6 år for menn og 2,8 år for kvinner fra 1995 til 2018¹⁰, og det er ikke urealistisk å forvente noenlunde samme økning frem mot 2040. En høyere levealder i fremtiden må forventes også å gi **bedre helse** for den eldre befolkningen og dermed generelt bedre muligheter for høyt aktivitetsnivå med derav følgende økt mobilitet.
- Høyere levealder gir også finanspolitisk behov for at befolkningen som helhet **jobber til senere** i livet, hvis man vil unngå at forsørgerbyrden vokser. Økt arbeidsmarkedsdeltakelse blant eldre genererer flere arbeidsreiser.
- Dagens befolkning har et langt høyere mobilitetsnivå enn før i tiden. Noen av de forskjeller vi ser i dag mellom yngre og eldre er **generasjonseffekter** snarere enn aldring som sådan. Noe av den høyere mobilitet som er forbundet med livsstilsendringer over tiden må de yngre forventes å fortsette med når de blir eldre. For eksempel har flere kvinner i dag førerkort og familier har ofte to biler.
- **Økt likestilling** mellom kjønnene har over de seneste fire-fem årtier gradvis også resultert i mer like reisevaner. De eldre generasjoner er i mindre grad preget av dette. Menn over 70 år har således vesentlig lengre daglig reiselengde enn kvinner med samme alder, mens dette ikke er tilfelle for befolkningen opp til 60 år¹¹.

Det er naturligvis vanskelig å si noe konkret om hvordan fremtidige livsstilsendringer og andre samfunnsutviklinger vil påvirke transportbehovet, men et regneeksempel med stiliserte forutsetninger kan gi en idé om hvor store disse effektene kan være. For aldersgruppene over 60 år i Figur 2.2 antar vi følgende i 2040:

1. Kvinners gjennomsnittlige daglige reiselengde for alle reisehensikter økes, så forskjellen til menns reiselengde reduseres til halvparten.
2. For både menn og kvinner endres gjennomsnittlig daglig reiselengde til aldersgruppen før. Det vil si at 61-66 åringer vil få samme reiselengde som 55-59-åringer i 2013/14 og så videre.

Med denne endring foretas samme beregning som gjengitt i Tabell 2.4. Resultatene er vist i Tabell 2.5 for Hovedalternativet (MMMM). Endringene i %-poeng er cirka de samme for alle tre grupper av reisehensikter. Resultatene fra Tabell 2.3 er gjentatt i tabellen, da endringen i forhold til den enkle aldringseffekten er det relevante.

¹⁰ <https://www.ssb.no/statbank/table/05375>

¹¹ Arbeidsreiser er generelt lengre for menn, men her preger arbeidsdeling mellom kjønnene og forskjeller i jobb bildet. I det omfang disse forskjeller vil bli utjevnet i fremtiden, kan man likevel forestille seg at menns reiselengder faller i samme omfang som kvinnes økes.

Tabell 2.5 Vekst i samlet daglig transportetterspørsel (millioner personkilometer per dag) i 2040 i forhold til 2018 (=100). Oppdelt på reisehensikt. Med antagelser om endrede reisevaner.

Reisehensikt:	Alle	Arbeid og skole	Tjenestereiser	Private
Hovedalternativ (MMMM)				
Befolkningsvekst	116	116	116	116
Befolkningsvekst + Endret alderssammensetning	111	106	107	114
Befolkningsvekst + Endret alderssammensetning + Endrede reisevaner for 60+	119	117	124	119

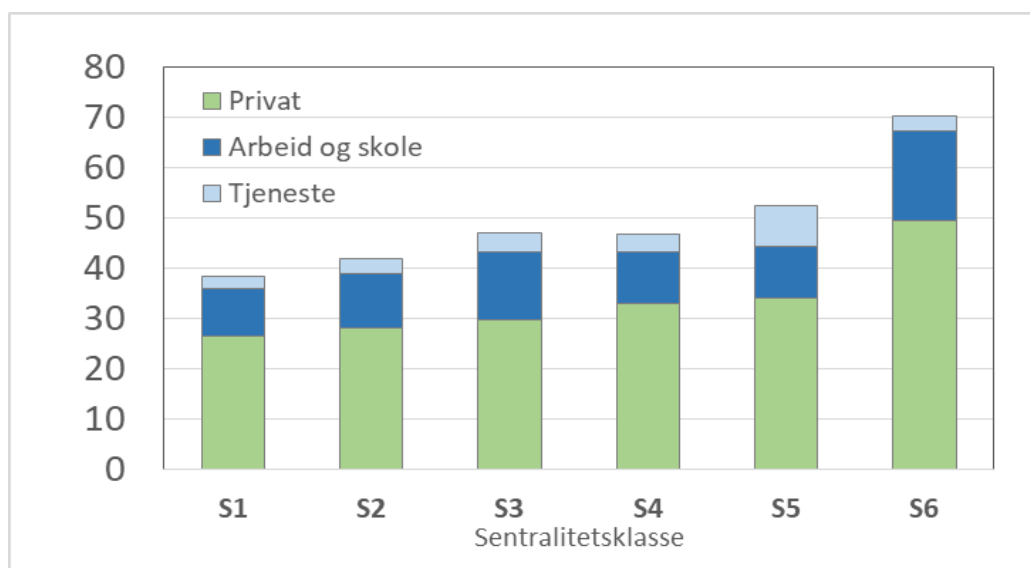
Kilde: Egne beregninger basert på SSB Befolkningsprognoser og Reisevaneundersøkelsen 2013-14.

Resultatene viser som forventet at forutsetningene om endrete reisevaner for aldersgrupper over 60 øker den samlede transportetterspørsel. Økningen er minst for private reiser og størst for tjenestereiser. For sistnevnte er beregningene preget av usikkerhet på grunn av få intervjupersoner med tjenestereiser, men dette påvirker i liten grad alle reiser. Den samlede effekten av antagelsene om endret atferd er en økning på 8 %-poeng, hvilket mer enn oppveier effekten av aldring. Om vi utelater antagelsen om at eldre kvinners reisevaner nærmer seg mennenes, blir den samlede veksten i transportetterspørselen helt lik med befolkningsveksten i Hovedalternativet.

2.6 Økt urbanisering

En av de trender som har preget samfunnsutviklingen mest de seneste hundre år eller mer er urbanisering, hvor befolkningen flytter til byene og spesielt mot de største byene. I dag er det først og fremst ungdommen som flytter til byene for å utdanne seg og de blir etterpå i stor grad boende i og omkring byene. Urbaniseringen forventes også å fortsette i fremtiden og er blant annet drevet av de økonomiske produktivitetsfordeler som agglomerasjon gir i form av høyere grad av spesialisering, mer konkurranse, større arbeidsmarked og mer effektiv kunnskapsspredning.

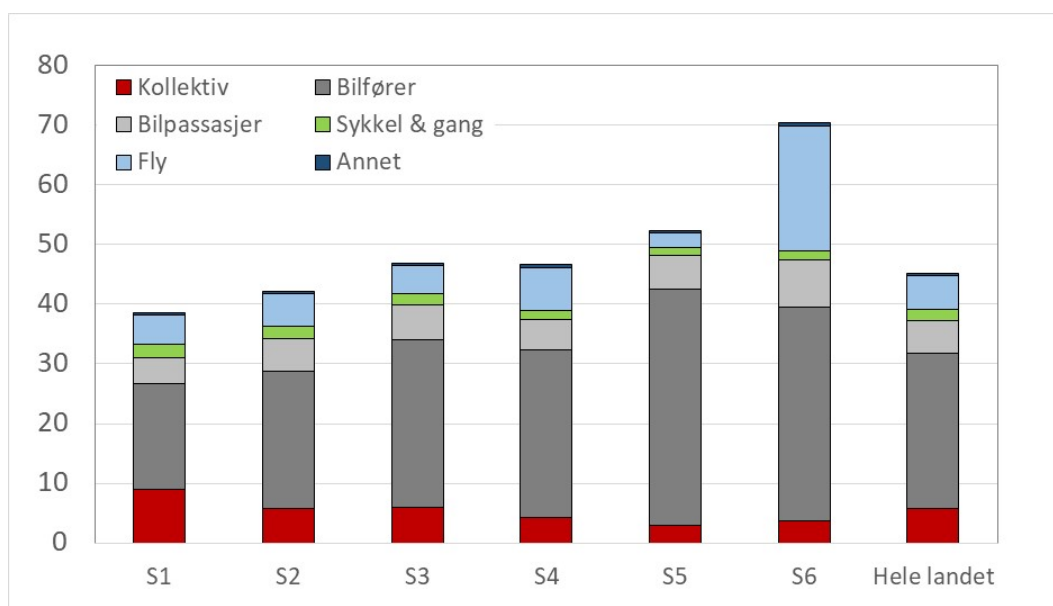
Da bosetting i byen gir større tilgjengelighet til mange arbeidsplasser og til de fleste daglige gjøremål, blir reiseavstander gjennomsnittlig kortere. Dette bekreftes av Figur 2.4, som viser gjennomsnittlig daglig reiselengde oppdelt på reisehensikt for hver av Statistisk Sentralbyrås seks sentralitetsklasser etter tilgjengelighet til arbeidsplasser og ulike typer servicefunksjoner (se boks nedenfor).



Figur 2.4 Gjennomsnittlig daglig reiselengde (km) oppdelt på reiseb hensikt for hver sentralitetsklasse.
Kilde: Egne beregninger basert på RVU 2013-14 og SSB.

Figuren viser at Sentralitetsklasse 6, som er de tynneste befolkede kommunene, har markant høyere reiselengde for både private reiser og arbeid/skole-reiser enn øvrige klasser. Men disse kommunene representerer bare 5% av befolkningen. For arbeid og skole er reiselengden også høy for klasse 3, som er dominert av det ytre pendlingsoppland til Oslo.

Høyere befolkningskonsentrasjoner og pendlingsmønstre fra forsteder til sentrum av de største byene gir bedre økonomiske betingelser for å tilby attraktiv kollektiv transport, som kan begrense biltrafikken og derigjennom redusere virkninger på miljø og trengsel i veinettet. Figur 2.5 viser at i tillegg til at gjennomsnittlig daglig reiselengde er lavere i områder med høy sentralitet, er også andelen av reiser med kollektiv transport høyere. Bilen er likevel selv i Sentralitetsklasse 1 den mest brukte transportform, med mer enn halvparten av daglig reiselengde.



Figur 2.5 Gjennomsnittlig daglig reiselengde (km) pr hovedtransportmiddel (vektet gjennomsnitt).
Kilde: RVU 2013/14 og SSB.

Urbanisering forventes å fortsette i fremtiden med en befolkningsvekst på cirka 20% til 2040 i Sentralitetsklasse 1, 2 og 3, mens Sentralitetsklasse 6 forventes å få en reduksjon på 6%. Dette må isolert sett forventes å føre til lavere transportbehov, som motvirker de ovenfor behandlede tendenser til økt transportbehov.

Statistisk Sentralbyrå inndeler Norges kommuner i seks sentralitetsklasser etter en sentralitetsindeks som beregnes ut fra:

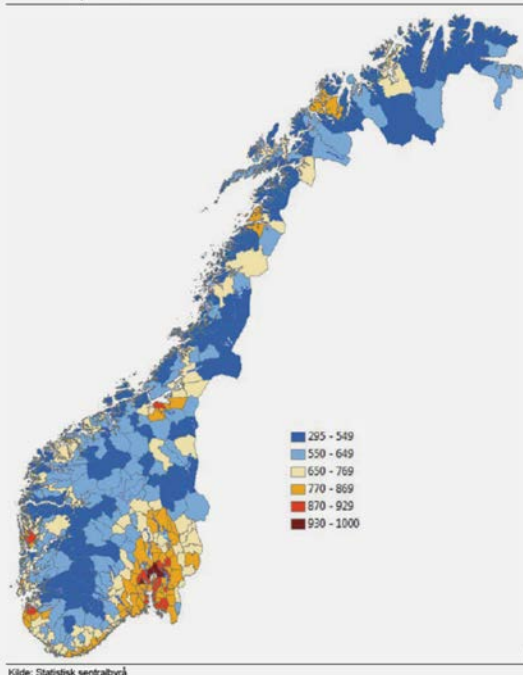
- hvor mange *arbeidsplasser* og
- hvor mange ulike typer *service-funksjoner* (varer og tjenester)

som de som bor i den enkelte grunnkrets i kommunen kan nå med bil i løpet av 90 minutter. (Landets 426 kommuner er delt inn i om lag 13.500 grunnkretser.)

Sentralitetsklasse S1 omfatter Oslo med nære omegn og Drammen. S2 omfatter de øvrige store byene Stavanger, Bergen og Trondheim og en rekke kommuner rundt Oslofjorden. Hamar er første kommune som tilhører S3.

Norgeskartet til venstre viser kommunenes inndeling i sentralitetsklassene, mens kartet til høyre viser befolkningsendringer i kommunene fra 2018 til 2040 i Hovedalternativet MMMM.

Figur 5.3 Kommunene etter sentralitetsklasse. Verdier for 1.1.2017 med kommunegrenser per 1.1.2018



Figur 1.8 Folkemengden i kommuner med ulik sentralitet¹, registrert 2000-2018 og framskrevet 2019-2040 (MMMM)

Klar vekst i sentrale strøk

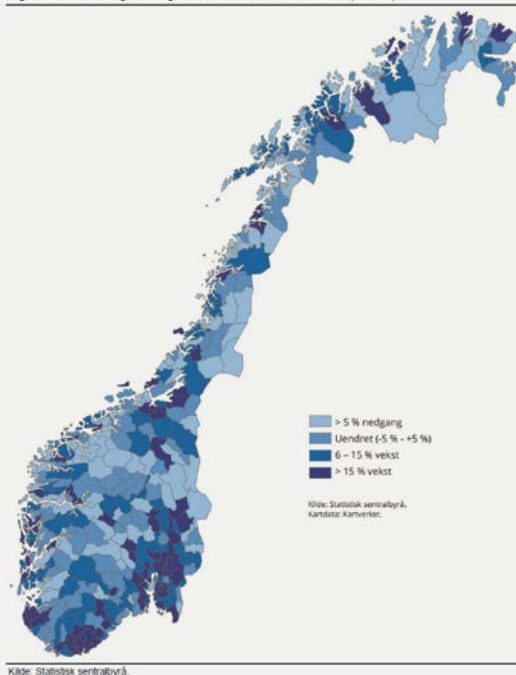


Liten eller ingen vekst i distriktene



¹ Figuren bruker SSBs standard for sentralitet fra 2018. De mest sentrale kommunene er i sentralitet 1 og de minst sentrale er i sentralitet 6.
Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 1.6 Befolkningsendringer i kommunene fra 2018 til 2040 (MMMM)



Sentralitetsklasse	1	2	3	4	5	6
Sentralitetsindeks	1000-930	929-870	869-770	769-650	649-550	549-0
Antall kommuner	7	23	64	90	113	125
Andel av innbyggere	20%	23%	27%	16%	9%	5%
Innb.vekst 2018-2040	+22%	+18%	+19%	+11%	+4%	÷6%

Kilde: Statistisk Sentralbyrå, SSB-rapport 2017/40 og 2018/21 samt Statistikkbanken.

De sentralitetsoppdelte gjennomsnittlige daglige reiselengder kan benyttes sammen med befolkningsframskrivingene på kommunenivå til å vurdere effekten av fortsatt urbanisering på det fremtidige transportbehovet. Fremgangsmåten er helt parallel til metoden for endret alderssammensetning, men beregnes som tilleggseffekter i forhold til aldringseffektene i Tabell 2.4. Effektene er beregnet for de samme befolkningsframskrivingsscenarier, men vises nedenfor i Tabell 2.6, da effektene stort sett er identiske for de andre scenariene.

Tabell 2.6 Vekst i samlet daglig transporttetter (millioner personkilometer per dag) i 2040 i forhold til 2018 (=100). Oppdelt på reisehensikt. Med antagelse om uendrede reisevaner.

Reisehensikt:	Alle	Arbeid og skole	Tjeneste-reiser	Private
Hovedalternativ (MMMM)				
Befolkningsvekst	116	116	116	116
Befolkningsvekst + Endret alderssammensetning	111	106	107	114
Befolkningsvekst + Endret alderssammensetning + Flytting mellom kommuner	110	105	106	113

Kilde: Egne beregninger basert på SSB Befolkningsprognoser og Reisevaneundersøkelsen 2013-14.

Det framgår av tabellen at den forventede fortsatte urbanisering trekker i retning av mindre transporttetter. Effekten er dog overraskende liten med bare rundt 1%, hvilket må forklares med at både variasjon i daglig reiselengde og i befolkningsveksten frem mot 2040 er relativt liten på tvers av sentralitetsklassene, bortsett fra S6, hvor bare knapt 3% av befolkningen bor, og som derfor inngår med liten vekt. Den samlede effekten blir derfor en 'annenordenseffekt'.

Urbaniseringen påvirker imidlertid ikke bare den samlede transporttetter, men også sammensetningen på transportformer. Mulighetene for at kollektivtransport kan gi et godt mobilitetstilbud er langt større i tettbefolkede områder. Det betyr at buss og tog har langt større markedsandel i Oslo, i pendlingstrafikken til og fra Oslo, og til dels også i og rundt de andre store byene, hvilket er illustrert i Tabell 2.7 (Sentralitetsklasse 1 = Oslo og nærmeste kommuner).

Tabell 2.7 Markedsandeler for kollektivtransporten. Oppdelt på sentralitets kategorier.

Sentralitetsklasse:	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Markedsandel for kollektivtransporten	23%	14%	12%	9%	9%	5%

Kilde: Egne beregninger basert på Reisevaneundersøkelsen 2013-14 og SSB's inndeling av kommuner i Sentralitetsklasser.

Dette betyr at urbaniseringen har ytterligere to, men motsatt rettede, konsekvenser for behovet for infrastrukturbygging:

- For det *første* vil transportbehovet med bil øke mindre enn det samlede transportbehovet, når befolkningen flytter mot de største byene.
- For det *andre* vil det øke presset på kapasiteten på de stedene i veinettet og i kollektivtrafikken hvor utfordringene er størst, som nettopp er i og omkring de største byene i rushtiden.

3 Klimautfordringens konsekvenser

I NTP 2018-2029 legges til grunn at "transportsektoren tar en stor nok andel av utslippskuttene til at vi oppfyller Parisavtalen og Norges klimamål i 2030." Norge og andre land, som har ratifisert Paris-avtalen fra desember 2015, forplikter seg til å utarbeide og etterstrebe oppfyllelsen av mål som gjør at verden kan holde økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen godt under 2°C sammenlignet med førindustrielt nivå og tilstrebe å begrense temperaturøkningen til 1,5°C.

I oktober 2018 publiserte the Intergovernmental Panel on Climate Change rapporten *Global Warming of 1.5 °C*, som analyserer hvor raskt de globale utslippene av drivhusgasser må kuttes for å oppfylle 1,5 °C målet. Analysene er komplekse og resultatene forbundet med stor usikkerhet, men et hovedbudskap er at de kumulative utslippene er sentrale for temperaturutviklingen, og at selv med en rask reduksjon fra nå mot nettonullutslipp i 2050 vil det bli behov for *negative* nettoutslipp i annen halvdel av dette århundrede for å stabilisere den globale gjennomsnittlige temperaturøkningen på 1,5 °C.

Med bakgrunn i blant annet den ovennevnte rapporten erklæres i Granavold-plattformen¹², at Regjeringen vil:

"Gjøre Norge til et lavutslipssamfunn i 2050,
hvor klimagassutslippene reduseres med 90-95 prosent" og
" ... halvere utslippene fra transportsektoren innen 2030
sammenlignet med 2005."

Transportsektorens andel av klimagassutslippene er i dag 30% og utgjør en økende andel av samlet utslipp. **Reelt betyr målene en omfattende omstilling, så praktisk talt hele landtransporten må bli utslippsfri i 2050 og med vesentlige kutt i utslipp fra flytrafikken i tillegg.** For delsektorer innen transport vil det kreve langsiktig teknologiutvikling mot løsninger som vi i dag bare kan se konturene av. Granavold-plattformen bemerker da også at "måltallene er basert på forbedringer av teknologisk modenhet i ulike deler av transportsektoren."

Som en del av grunnlaget for Nasjonal transportplan (NTP) 2022-2033 har Avinor AS, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier AS og Statens vegvesen laget utredningen *Strategisk mulighetsrom ved ny teknologi* basert på kjente mål og virkemidler. Rapporten opererer med utviklingsbaner for tre observerte teknologitrender, inklusiv implementering av energi/lavutslippsteknologi. I erkjennelse av den store usikkerheten oppstilles for 2050 både et teknologioptimistisk og et teknologipessimistisk scenario.

¹² Politisk plattform for en regjering utgått av Høyre, Fremskrittspartiet, Venstre og Kristelig Folkeparti den 17. januar 2019 [<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/politisk-plattform/id2626036/>].

	2030	2050Lav	2050Høy
	95%	100%	100%
	40%	100%	100%
	60%	100%	100%
	30% El- og hydrogenferger er på vei inn. LNG og lavsvoel på lasteskip	75% Stor grad av både el i kystfiskeflåte og lavutslipp for innenlands godstrafikk	90% Karbonfri innenlands gods- og persontransport
	95%	100% Alle tog går på strøm, batteri eller hydrogen	100%
	<30% Forventes ikke å ha nådd målet om 30%	<50% Hybrid, elektrisering, biodrivstoff og hydrogendrivstoff	100%
	50% Utstyr elektrifiseres	50%	100%

Figur 3.1 Teknologiske utviklingsbaner energi/lavutslipp.

Kilde: Strategisk Mulighetsrom ved ny teknologi, 2019.

Allerede i dag er jernbanen tilnærmet utslippsfri gjennom elektrisk drift på de fleste strekningene, mens der fortsatt er betydelige utslipp fra veitransport, sjøtransport og luftfart. I de etterfølgende tre avsnitt behandles utsiktene for de forskjellige transportformer i lys av klimautfordringen. Det legges til grunn at virkemidler vil bli implementert for å oppnå klimamålsetningene når man politisk vurderer at det finnes lav- og nullutslippsteknologier som er tilstrekkelig modne selv om kostnaden er høyere enn for dagens teknologier.

3.1 Veitransport

For personbiler har utviklingen de seneste årene gitt en klar indikasjon på at elektrifisering vil bli den dominerende løsningen for å nå utslippsfrihet. Om den raske utvikling på batterikapasitet og -pris fortsetter, vil elbiler i løpet av relativt få år kunne overta helt fra fossilbiler, uten vesentlige merkostnader for samfunnet. I et mindre teknologioptimistisk scenario kan det bli nødvendig med fortsatt sterke virkemidler for å opprettholde tilstrekkelige insitamenter for å omstille bilparken for fullt til eldrift, eventuelt supplert på lange avstander av biler med forbrenningsmotor og drivstoff som produseres med fornybar energi og dermed reelt vil være nettonullutslipp.

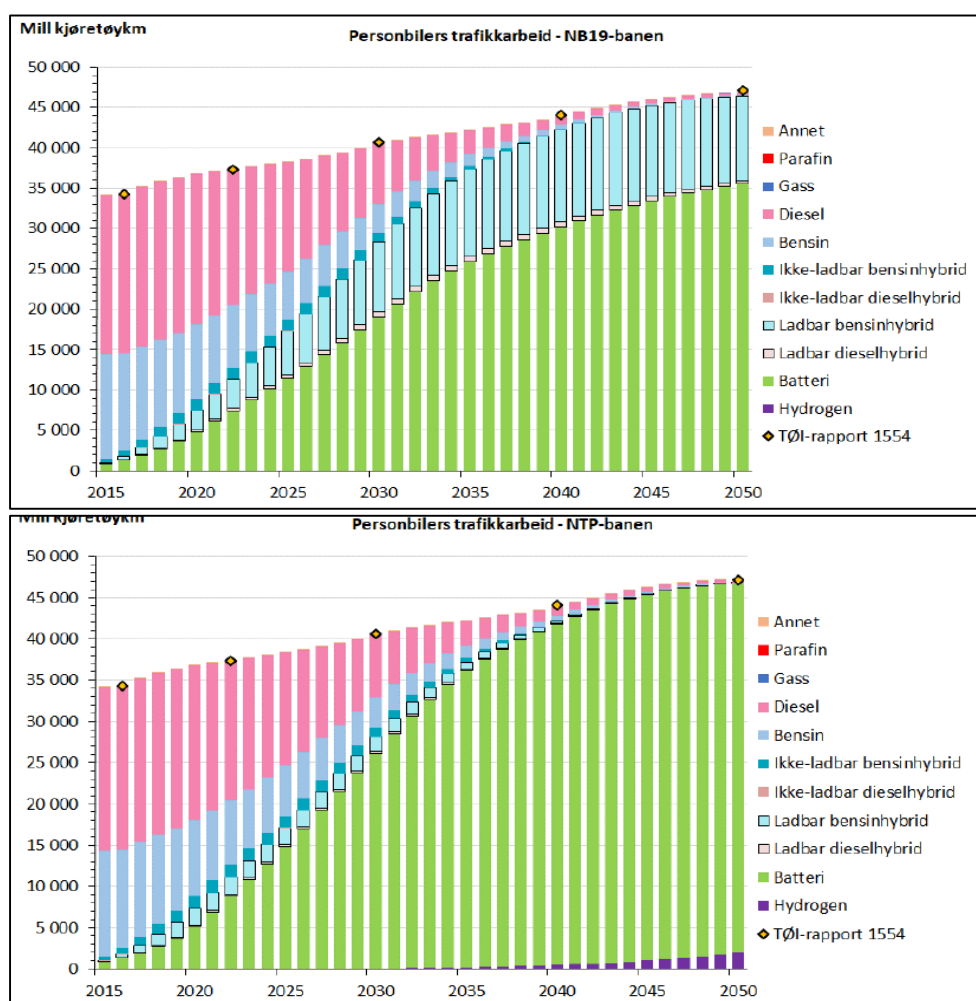
Med en andel av nybilsalget på 31% i 2018 og økende, står Norge i dag i en særstilling i internasjonal sammenheng når det gjelder overgang til elbiler¹³. Overgang til full utslippsfri personbiltrafik må derfor anses som fullt mulig og sannsynlig. Hvor langt denne transformasjonen av bilparken vil bidra til Norges reduksjonsmålsetning for 2030 er i høy grad avhengig av hvor kraftige virkemidler man vil ta i bruk for å gi de nødvendige insentiver til å fase ut fossilbiler i nybilsalget. Men bilenes lange levetid setter i praksis også en (økonomisk bestemt) øvre grense for langt man kan nå uten å må reeksportere relativt nye biler. Måloppfyllelse gjennom påvirkning av bilparken krever derfor tiltak i god tid innen målåret.

¹³ Stordal et al. (2019) *Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet*, s. 34.

Figur 3.2 og 3.3 sammenlikner resultater for to utviklingsbaner for den fremtidige utvikling i kjøretøyparken (TØI-rapport 1689-2019).

- Den ene, *NB19-banen*, bygger på forutsetninger i samsvar med Nasjonalbudsjettet 2019, hvor det er lagt til grunn at 75 prosent av alle nye personbiler i 2030 er elbiler. Resten – 25 prosent – skal være ladbare hybrider. For varebiler er det lagt til grunn halvparten så høy batterielektrisk andel, dvs. 37,5 prosent.
- Den andre, *NTP-banen*, samsvarer med de betydelig mer krevende målene nedfelt i NTP 2018-2029. I henhold til disse målene skal alle nye personbiler og bybusser omsatt i 2025 være nullutslippskjøretøy. I 2030 skal det samme gjelde alle varebiler, 75 prosent av alle langdistansebusser og 50 prosent av alle tunge lastebiler.

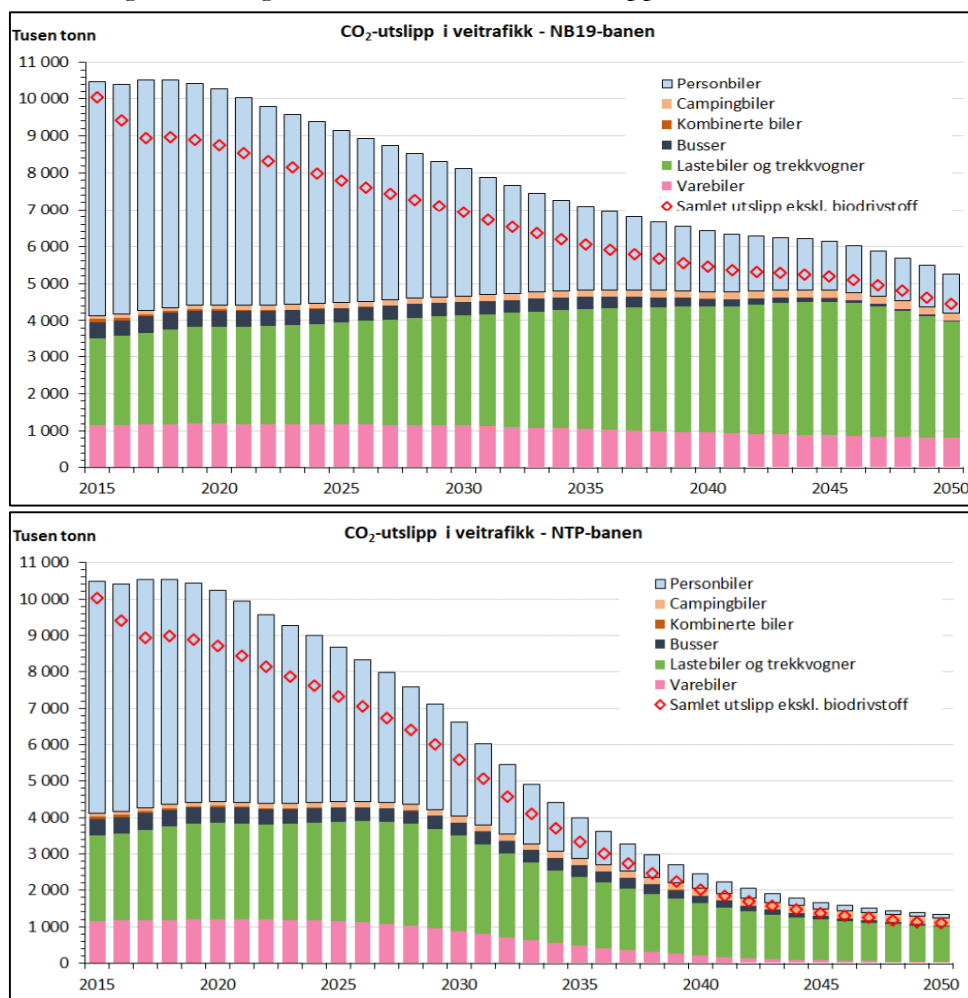
I begge framskrivingsbaner er tilveksten av nye kjøretøy tilpasset slik at tallet på personkilometer og tonnkilometer stemmer omtrent med den forventede utvikling i transportetterspørselen, slik den framgår av framskrivingene til NTP 2018-2029.



Figur 3.2 Trafikkarbeid med personbil 2015–2050 etter energiteknologi. NB19-banen sammenholdt med NTP-banen. Transportframskriving fra NTP2018-2029. (TØI-rapport 1689/2019)

Figur 3.2 viser at trafikkarbeid med personbil forventes fortsatt å øke i fremtiden. I NB19-banen vil litt under halvparten av de kjørte kilometer med personbil i 2030 være med elbiler. I NTP-banen vil det være cirka to tredjedeler. I begge baner er forutsetningene om sammensetningen av nybilsalget slått igjennom for fullt i hele bilflåten i 2050 hvor praktisk talt alle biler fra før 2030 er skiftet ut.

Figur 3.3 viser implikasjonene for veitransportens samlede CO₂-utslipp, der busser, vare- og lastebiler også er inkludert. Person- og varebilenes bidrag er eliminert i 2050 i NTP-banen, mens noe gjenstår i NB19-banen. Busser spiller allerede i dag en mindre rolle i klimagassutslippet og mesteparten av bybussene forventes å bli elektrifisert eller benytte annen nullutslipps-teknologi innen 2030. Det mest markante trekk i NB19-banen er at lastebilenes utslipp øker gjennom hele perioden, hvilket impliserer at forventede forbedringer av energieffektiviteten ikke klarer å oppveie trafikkveksten.



Figur 3.3 Veitrafikkens CO₂-utslipp 2015–2050 etter energiteknologi. NB19-banen sammenholdt med NTP-banen. Transportframskriving fra NTP2018-2029. (TØI-rapport 1689/2019).

Om NTP-målene skal nås er den tunge godstransporten på vei på lange distanser en særlig utfordring. Varebilene og lastebildistribusjon i byene kan i stort omfang elektrifiseres på like fot med personbilene. For de tunge lastebilene er omstillingen til nullutslipp mer komplisert, spesielt for lange avstander, som utgjør en stor del av de tunge bilenes kjøring. Der er flere teknologiske løsningsmuligheter, for eksempel:

- Elektrifisering med
 - batteri
 - brenselcelle og syntetisk drivstoff, till eksempel hydrogen
 - kjøreledninger på hovedstrekninger supplert med batteridrift
- Forbrenningsmotor med
 - syntetiske drivstoff, inklusiv hydrogen, som energibærere, basert på elektrisitet
 - biodrivstoff, eventuelt i kombinasjon med syntetisk drivstoff

I dag er disse løsningene enten ikke fullt utviklede, kostbare eller bærekraften er tvilsom i full-skala implementering. Kostnadseffektiv omstilling til lavutslippsamfunn er avhengig av at løsninger som velges i dag kan ses som skritt på veien til de løsninger som vil bli benyttet i fremtiden. Dette er naturligvis ikke sikkert på forhånd, og der er en betydelig økonomisk risiko ved tidlig å satse fullt på teknologier som ikke er gjennomprøvde. Strategiske teknologivalg kompliseres ytterligere av at Norge på dette feltet på sikt må være i samsvar med teknologiutviklingen i resten av Europa, hvor produksjonen av kjøretøyene skjer.

Men en teknologisk løsning må til, da det ikke kan anses som realistisk å overflytte gods fra vei til sjø eller bane i det omfang som vil være nødvendig for å nå reduksjonsmålene på den måten.

I vurderingen av fremtidens transportbehov og fordelingen av dette på transportformer, må det legges til grunn at Norge implementerer politiske virkemidler som sikrer at de vedtatte klimapolitiske målsetningene for utslippsnivået i 2030 og 2050 nås, herunder 'at transportsektoren tar en stor nok andel av utslippskuttene'¹⁴.

En konsekvens av at veitransporten må bli praktisk talt utslippsfri, er at togets fordel på dette feltet i dagens situasjon forsvinner. Dermed blir klimapolitikken på sikt ikke lenger et vesentlig argument for nullvekstmålet i de største byområdene og strategien om overføring av godstransport til bane (og sjø)¹⁵. Dette vil kunne ha konsekvenser for den forventede langsiktige fordeling mellom transportformene.

Transporttettersspørselen og dens fordeling på transportformer vil være påvirket av kostnadsutviklingen. Kostnad per kilometer i bil vil bli påvirket av omstillingen til nullutslippsteknologi. De fleste forventer at eldrift får lavere kostnader de neste årene på grunn av både billigere batterier og storskalaproduksjon og økt konkurranse mellom et større tilbud av elbilmodeller. Men kostnaden påvirkes også av den politiske reguleringen i form av avgifter, tilskudd osv. I referansen er det lagt inn at de marginale kostnadene per kilometer er lavere ved eldrift med den nåværende avgiftstruktur. Men det er vanskelig å forutsi hvordan det vil se ut fremover, når elbilene dominerer nybilmarkedet. For å illustrere i hvilket omfang den fremtidige transporttettersspørselen er avhengig av denne usikkerheten, har TØI-rapport 1722/2019 en alternativ beregning, hvor dagens kilometerkostnad for fossil-biler antas også å gjelde for nullutslippsbiler frem mot 2050. Beregningen gjelder kun for lange reiser.

Tabell 3.1 Beregnet utvikling i transportarbeid ved ulike forutsetninger om kilometerkostnad for bil i 2050. Lange reiser. Normalisert, 2018=100.

	Bilfører	Bilpass.	Buss	Båt	Tog	Fly	Sum
2018	100	100	100	100	100	100	100
2050 ref	152	154	112	95	125	111	136
2050 kmkost2018	140	144	120	102	133	116	132

Kilde: Framtidens transportbehov. Følsomhetsberegninger av transportframskrivninger og transportutvikling i korridorer. (TØI rapport 1722/2019).

Det ses av tabell 3.1 at de endrede forutsetninger med høyere kilometerkostnad for elbiler, har merkbar betydning for transportarbeidet på lange reiser. Med denne forutsetningen øker det bare med 40% og 44% for bilfører og bilpassasjer i 2050 i stedet for 52% og 54% i Referanse-beregningen. Kostnadsøkningen gir dermed en reduksjon på 7% i det samlede

¹⁴ NTP 2018-2029 s. 217.

¹⁵ Trafiksikkerheten i veitrafikken forventes også å bli markant forbedret, og det trekker i samme retning. Men der vil fortsatt være andre argumenter for overføring til kollektiv transport, spesielt i de store byene, hvor fremkommelighet og arealknapphet er store utfordringer.

transportarbeidet med bil. Omtrent halvparten av reduksjonen overflyttes til fly, tog og buss, mens den andre halvparten skyldes færre turer.

3.2 Flytransport

Sivil luftfart står for cirka 7% av dagens klimautslipp fra norsk innenrikstransport, med en tilsvarende utslippsmengde i utenrikstrafikken¹⁶. Utslipp per passasjerkilometer er redusert betraktelig over de seneste to tiår og er i dag ca. 100 gram CO₂, som er av samme størrelse som for personbiltransport. Klimaeffekten av utslipp fra fly er likevel større, når de foregår i stor høyde. Flyets viktigste fordel som transportform er at det er raskt, men det er samtidig det viktigste problem i klimasammenheng, fordi det gir mulighet for å reise veldig langt med tilhørende store utslipp.

Transportarbeid med fly forventes å øke markant i fremtiden og andelen av utslippet enda mer da veitransportens utslipp blir betydelig mindre i takt med elektrifiseringen, jfr avsnitt 3.1. Skal luftfarten spille en vesentlig rolle i fremtidens transportsystem må utslippene kraftig ned og det vil kreve mer enn hva som kan oppnås gjennom økt energieffektivitet. I dagens situasjon er biodrivstoff eller syntetiske drivstoff fra elektrisitet de reelle alternativer til fossil jetfuel, men elektriske fly er et felt med intensiv forsknings- og utviklingsaktivitet.

I kunnskapsmiljøene er der store forskjeller i vurderingen av om vektutfordringen for store fly vil kunne la seg løse. I første omgang ser hybridfly (delvis elektrisk framdrift) ut til å ha et potensiale. For eksempel har Airbus og Siemens et utviklingssamarbeid, hvor man forventer å begynne med kommersiell bruk av hybridfly rundt 2030 og fullt elektriske rutefly på korte distanser i løpet 2030-årene¹⁷. Avinor har planer om full elektrifisering av norsk innenriks luftfart i 2040. Norge har av historiske årsaker et velutbygd nett av flyplasser med korttrullebaner som er velgnet til mindre elfly. Lykkes det å utvikle pålitelige mindre eldrevne fly med rekkevidde 500-1000 kilometer er potensialet derfor stort i norsk innenriks luftfart, hvor utfordringene i norsk bakketransport med fjelloverganger og fjordkryssinger gir en konkurransefordel til fly.



På Paris Airshow i juni 2019 presenterte Eviation prototype på det elektriske fly Alice, som de forventer sertifisert i 2021 og i drift 2022. Flyet er desinget til å transportere 9 passasjerer opp til 1000 km med en cruisehastighet på 450 km/t.
www.eviation.co/alice/

¹⁶ Avinor: *Avinor og norsk luftfart 2019*, s. 9.

¹⁷ <https://www.thenational.ae/business/aviation/electric-passenger-jets-could-be-in-service-by-2030-1.769585>.

3.3 Ferjer og sjøtransport

Skipsfarten er også i en startfase i forhold til overgang til nullutslippsteknologi, men Norge har som sjøfartsnasjon med høye klimaambisjoner satset på å utvikle nye løsninger innenfor både elektrifisering og hydrogen. Innføring av lav- eller nullutslippsteknologier som følge av krav til utslippsreduksjoner kan øke transportkostnaden både for godstransport på sjø og for ferjesamband i veinettet, men det vil antageligvis ikke få stor betydning for transportetterspørselen.

Etter at verdens første fullt eldrevne ferje ble tatt i bruk på Lavik-Oppedal i 2015 har utviklingen gått raskt og Statens vegvesen forventer at 70-80 av totalt 200 ferjer har batteri installert i 2021. Det er regjeringens målsetting å elektrifisere hele ferjesektoren innen 2025.

4 Nye teknologier og forretningsmodeller

Den raske teknologitvikingen har gitt anledning til fremkomsten av en rekke interessante og perspektivrike nye mobilitetskonsepter, for eksempel hyperloop, flyvende persondroner, veibaserte pakkedistribusjonsroboter osv. Disse konseptene er i dag på et tidlig eksperimentelt stadium, og det er for tidlig å si om de vil nå en teknologisk, sikkerhetsmessig og økonomisk modenhet slik at de kan få innpass i transportsystemet som mer enn nisjekonsepter (som ikke endrer vesentlig på behovet for dagens sentrale transportformer og den infrastruktur som understøtter disse).

Dette kapitlet fokuserer på de mulige konsekvensene for transportetterspørsel og infrastrukturprioriteringer av tre mer generelle teknologibaserte trender som vi ser i transportsektoren:

- Samhandlende intelligente transportsystemer
- Automatisering
- Delingsmobilitet

Sammen med elektrifisering samsvarer de med de fire trender som er fremhevet i rapporten *Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet*. Disse trendene er basert på en rekke mer grunnleggende muliggjørende teknologitvikingen, som har en mer gjennomgripende effekt på samfunnet på tvers av flere sektorer. Disse teknologiene er beskrevet i *Teknologitrender som påvirker transportsektoren* (SINTEF-rapport 2017-00303).

4.1 Samhandlende intelligente transportsystemer

Over de seneste ti-tyve år har digitaliseringen for alvor forandret verden og ikke minst logistikk og reiseplanlegging i transportsektoren. Men den raske utviklingen skyldes ikke bare digitalisering i snever betydning (binær lagring av informasjon), men heller kombinasjonen av en rekke av muliggjørende teknologitvikingen innenfor spesielt:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| — Sensorer | — Prosessering av store datamengder |
| — Digital informasjonslagring | — Brukergrensesnitt |
| — Kommunikasjonsprotokoller | — Geoposisjonering |
| — Trådløs dataoverføring | — Sikker online betaling |

Teknologitvikingen har ikke bare handlet om hva som er teknologisk mulig, men i like høy grad om at kostnaden har gått voldsomt ned.

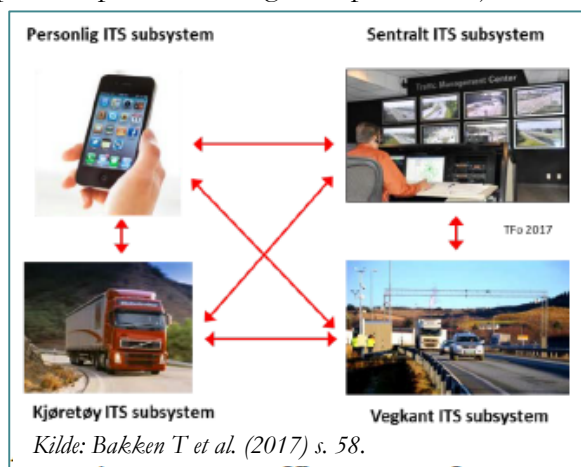
Allerede i dag har vi ikke-realiserde potensialer for å utnytte sanntidsdata om trafikken på strekningsnivå til forbedring av transportsystemets funksjon. For eksempel kan dynamisk optimering av omløpstidene i trafikklys og variabel skilting allerede i dag bidra til vesentlig forbedret trafikkavvikling og økt kapasitet i veinettet. Tilsvarende kan digitale signalsystemer redusere sikkerhetsavstanden mellom tog og dermed også øke kapasiteten på belastede jernbanestrekninger. Single European Sky prosjektet sikter mot å øke kapasiteten i luftrommet gjennom harmonisering og effektivisering av styringen av lufttrafikken.

Utbredelsen av nye delingsmobilitetskonsepter for biler, sykler og sparkesykler er også basert på at det enkelte transportmiddel selv kan oppgi posisjon og låses opp via internett oppkobling.

Intelligente transportsystemer er utnyttelse av IKT i kjøretøyene eller i infrastrukturen. Ved *samhandlende* intelligente transportsystemer (C-ITS) utveksles dynamisk informasjon direkte mellom kjøretøyene eller mellom det enkelte kjøretøy og infrastrukturen uten aktiv medvirkning fra føreren av kjøretøyene og infrastrukturoperatøren. Utbredelsen av 5G vil øke pålitelighet, hastighet og kapasitet i trådløs dataoverføring dramatisk. Dette forventes å øke potensialet for C-ITS betraktelig ved at alle kjøretøyer på sikt kan bli oppkoblet og utveksle relevante data om posisjon, hastighet, retning og veiforhold i et 'internet-of-things'. C-ITS kan forventes å ha en rekke forskjellige samfunnsmessige fordeler:

- **Bedre fremkommelighet:** Avansert trafikstyring og -informasjon, og førerstøttesystemer i bilene (ADAS) forventes å kunne gi bedre trafikkflyt og større kapasitet i veinettet. Det vil kunne gi store reisetidsbesparelser ved å redusere den forventede økning av trengsel og gi høyere reisehastighet på sentrale deler av veinettet som følge av økt framtidig etterspørsel, jfr. kapittel 2.
- **Trafikksikkerhet:** Stort potensial for færre ulykker og hendelser, spesielt i veitrafikken. Effekten forsterkes av utbredelse av førerstøttesystemer, som i dag bare finnes i 'high-end' segmentet.
- **Drivstoffbesparelse og miljøgevinster:** Bedre trafikkflyt og muligheten til å redusere trafikken når og hvor luftforurensningen er kritisk, vil redusere klimateffekten og helseskader fra trafikken.

De nødvendige teknologiene for C-ITS er allerede i dag på et relativt høyt modenhetsnivå. Mange nye bilmodeller er i dag allerede oppkoblet på internett og Europakommisjonen presser på med forslag til regulering med krav og standarder for dette. En EU-finansiert studie har estimert at samfunnøkonomisk lønnsomme fordeler vil kunne nås på mellomlang sikt og at to tredjedeler vil komme fra spart reisetid, cirka en fjerdedel fra økt trafikksikkerhet og resten hovedsakelig fra redusert klimagassutslipp og luftforurensning¹⁸. Noen ser også C-ITS som en forutsetning for fullt automatiserte biler (avsnitt 4.2), i conceptet 'CCAV – Cooperative Connected Automated Vehicles'.



4.2 Automatisering

Et av de teknologiske områder hvor utviklingen går svært raskt innen transportsektoren for tiden er automatisering. Kombinasjonen av sentrale muliggjørende teknologier innen sensorer, dataprosesseringshastighet, kunstig intelligens og machine learning gjør at vi antageligvis står overfor et avgjørende gjennombrudd i en utvikling mot transportmidler som er i stand til å transportere mennesker og gods sikkert og effektivt uten aktiv

¹⁸ Ricardo Energy & Environment (2016) Executive Summary.

menneskelig styring. Implikasjonene av dette er på nåværende tidspunkt meget vanskelig å forutsi og tidsperspektivet for implementeringen i praktisk bruk i Norge er også meget usikker. Disse usikkerhetene betyr tilsvarende stor usikkerhet på den fremtidige transportetterspørselen og dens fordeling på transportmidler, med stor risiko for feilinvesteringer i transportinfrastruktur siden disse prosjekter har meget lang levetid, jfr. avsnitt 1.3.

Denne problemstillingen står sentralt i de to rapportene *Mobilitet for Fremtiden* og *Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet*¹⁹. I det følgende sammenfattes noen sentrale konsekvenser, som man med rimelig robusthet kan konkludere på dette meget tidlige stadium.

Organisasjonen SAE International har en seks-trinn skala (fra 0 til 5) for automatisering, som etter hvert har blitt referanseramme for beskrivelsen av autonomi²⁰. Men denne kategoriseringen er uklar i forhold til implikasjonene for mobilitet og samfunn. I de neste avsnittene oppdeler vi diskusjonen om automatisering etter to nivåer for behovet for sjåfør²¹: Disse gir avgjørende endringer i forhold til dagens situasjon:

- *Selvkjøring med sjåfør*: Bilen, bussen, toget, fergen eller flyet er i stand til 'selvstyring/selvkjøring', men tilstrekkelig sikkerhet krever at noen (her kalt 'sjåfør') er med og kan ta over styringen på kort varsel om noe ikke fungerer.
- *Førerløse kjøretøy*: Sikker transport av passasjerer eller gods fra dør til dør uten sjåfør ombord. Dette muliggjør også tom reposisjonering av kjøretøy. Førerløs kjøring kan være begrenset til bestemte områder eller veityper eller betinget av værforhold eller annet.

4.2.1 Selvkjøring med sjåfør

De to viktigste gevinster ved selvkjøring vil være:

- *Økt trafiksikkerhet ved at menneskelige feil kan unngås*. Uoppmerksomhet, for høy hastighet, dårlig orientering og andre førerrelaterte risikofaktorer er i dag de viktigste årsaker til at trafikkuhell skjer. Dette gjelder i mindre grad med profesjonell sjåfør, da uhellrisikoen her er betraktelig mindre. Andre risikofaktorer kan følge med automatisering, men historisk har vi sett at mer og mer avanserte førerstøttesystemer har gitt sikrere trafikk og vi må forvente at dette også vil være en betingelse for at selvkjøring blir akseptert av samfunnet.
- *Sjåføren kan bruke tiden på noe som er mer nyttig*. Dette kan også gi økt produktivitet for profesjonelle sjåfører, men det vil først og fremst være en fordel for private førere.

Begge effektene er størst for privat bilkjøring sammenliknet med andre transportformer, da det er her vi har private førere som sjåfør. Implikasjonene for transportetterspørsel og innretning av transportsystemet blir da:

- Etterspørselen etter transport med privat bil vil øke da ulempen ved turer i bil vil bli mindre.

¹⁹ <https://www.trm.dk/da/publikationer/2018/afrapportering-mobilitet-for-fremtiden>
<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/teknologi-for-barekraftig-bevegelsesfrihet-og-mobilitet.-rapport-fra-ekspertutvalget--teknologi-og-fremtidens-transportinfrastruktur/id2662050/>

²⁰ <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-“levels-of-driving-automation”-standard-for-self-driving-vehicles>

²¹ Denne distinksjon svarer til den som er lagt til grunn i Kapittel 6 i rapporten *Mobilitet for Fremtiden*.

- Noe av den økte etterspørselen vil komme fra mindre etterspørsel etter andre transportformer, så balansen mellom bilkjøring og kollektiv trafikk vil bli forskjøvet til fordel for bilen. Trafikksikkerhetsargumentet for å øke kollektivtrafikkens andel vil også bli mindre.
- Komforten under kjøring vil bli tillagt større vekt, da det påvirker muligheten for å bruke tiden nyttig. Det kan få konsekvenser for design av kurvatur og annen utforming av veiene fremover.
- Økt transportetterspørsel på vei gir økt behov for utbygging, men omvendt betyr ulempen ved lengre reisetid mindre, når man har mulighet for å bruke tiden nyttig.
- Sikrere bilkjøring kan på sikt gi kostnadsbesparelser i veibygging, hvis sikkerhetskravene kan endres med automatisering.
- Selvkjøring gir muligens på noen strekninger muligheter for å øke kapasiteten på den eksisterende fysiske veiinfrastruktur, gjennom mindre avstand mellom bilene og smalere kjørefelt.
- Automatisering vil slå langsomt igjennom i hele bilparken, både fordi det vil ta flere år før selvkjørende egenskaper vil slå igjennom for fullt i salget av nye biler, og fordi private biler har en typisk levetid på langt mer enn ti år.

4.2.2 Førerløse privatbiler

Konsekvensene av selvkjøring på transportetterspørsel og transportsystemet blir antageligvis inkrementelle i den forstand at det gir begrenset, om enn muligens betydelig, økning av etterspørselen og eventuelle kostnadsbesparelser i infrastrukturbyggingen. Derimot kan konsekvensene av førerløshet vise seg å bli mer kvalitative eller 'disruptive' i den forstand at de gir anledning til omfattende utbredelse av nye konsepter og hele måten vi oppfatter mobilitet på.

Fordelene ved selvkjøring vil også gjøre seg gjeldende for førerløse kjøretøy, og i noen tilfeller i økt grad. Men i tillegg vil man få særlig to vesentlige gevinster for private biler, som kan kjøre førerløst fra dør til dør:

- *Nye brukergrupper av private biler.* Om bilene kan kjøre førerløst kan bil benyttes av personer uten førerkort, typisk barn og unge samt eldre, som i dag er avhengig av skyss fra foreldre m.v. eller bruker andre transportformer. På samme måte kan man frakte ting uten å bruke tid på det selv.
- *Høyere utnyttelsesgrad gjennom tom reposisjonering.* I dag står bilene som regel stille når brukeren oppholder seg på destinasjonen. Hvis bilen selv kan kjøre hjem, kan resten av familien bruke den, mens mor eller far er på jobb. Dette betyr at den faktiske tilgang til bil økes i husholdninger med både en og to biler.

Hvis eller når disse radikalt nye bruksmuligheter for bil blir tilgjengelige vil det uten tvil gi anledning til markant økning i den samlede etterspørsel etter transport med bil.

Teknologiens disruptive karakter betyr at det må anses som særdeles vanskelig å kvantifisere hvor store endringer i transportetterspørselen som førerløse biler vil gi anledning til. Men noen mer kvalitative konsekvenser kan med rimelighet dras frem:

- Nye brukergrupper med adgang til bil og nye og til dels uforutsette anvendelsesmuligheter må forventes å gi markant økning av transportetterspørselen.
- Den avledete økning i biltrafikken vil bli enda større, da en del tomkjøring ved reposisjonering vil komme i tillegg.

- Etterspørselen etter kollektiv trafikk vil reduseres fordi en del av den økte etterspørsel etter bil vil komme fra brukere av kollektivtrafikk som ikke har tilgang til bil.
- Argumentet for å tilby subsidiert kollektiv transport ut fra en 'public service betraktning' blir mindre, når alle i prinsippet kan bruke bil. Det vil fortsatt være sosiale argumenter, men det gjenværende tilbud av 'public service'-basert kollektiv transport vil kunne tilrettelegges etter nye konsepter (se Avsnitt 4.3.3).
- Bosettingsmønstret kan bli endret for familier med barn, som enklere kan bo utenfor byene selv om tilbudet av kollektiv trafikk er meget begrenset. I dag begrenser dette barnas mobilitet, da de i høy grad er avhengig av foreldrenes mulighet for å hente og bringe.
- Trafikken til og i byene vil ikke lenger være begrenset av vanskeligheter med å finne parkering eller høye p-avgifter. Bilen vil kunne sette brukeren av og deretter returnere hjem eller til p-områder i avstand fra sentrum.
- Lav fremkommelighet på grunn av trengsel på veiene er i dag en vesentlig begrensning for å velge bilen, spesielt i rush-tiden. Førerløse biler som kjører tomme for å hente brukeren, vil i langt mindre grad være påvirket av denne begrensningen, hvis bare reisetiden er noenlunde forutsigbar.
- Det vil være en risiko for at etterspørselen etter bilkjøring i og rundt de største byene, og spesielt Oslo, vil stige så voldsomt at trafikken vil bryte sammen i spissbelastningen uten ytterligere regulering via kapasitetsprising eller annen begrensning av adgangen til å bruke veinettet.
- På lange turer kan det bli mulig å sove underveis, så reisetiden betyr mindre hvis man reiser om natten, så lenge man ankommer på ønsket tidspunkt. Til gjengjeld vil reisekomforten, inklusiv veiens kvalitet og kurvatur i så fall bli avgjørende. Det kan bety at bilreiser får økt betydning på reiseavstander som i dag er dominert av fly.

En helt avgjørende usikkerhetsfaktor for førerløse bilers konsekvenser for dagens infrastrukturplanlegging i Norge, er tidsperspektivet for utbredelsen i bilparken. Her er to faktorer sentrale:

- Tidspunktet for markedsintroduksjon av private biler som kan kjøre uten fører
- Hvor raskt disse bilene får en dominerende markedsandel i nybilsalget.

Noen er skeptiske til om fullt autonome biler noensinne blir mulig, og det er relativt bred konsensus (som ikke deles av Tesla!²²) om at ti år er en realistisk tidshorisont for markedsintroduksjon av biler som kan gi effektene som er beskrevet i ovenstående kulepunkter. Selv med en rask overtagelse av hele nybilsmarkedet i løpet av få år, vil biler med førerløse egenskaper først utgjøre størsteparten av bilflåten etter 2040.

I tillegg til den tidsmessige usikkerhet som er knyttet til at førerløs teknologi ennå ikke er moden for markedsutrukk, kan kostnadene bli en begrensning for utbredelsen. Men når først teknologien er klar anser flere kilder at den marginale merkostnaden per bil vil bli begrenset. Den dyreste 'hardware'-komponent er i dag den LIDAR²³, som alle utviklere av autonome biler, bortsett fra Tesla, anvender for bilens orientering i omgivelsene. Med storskalaproduksjon forventes prisen imidlertid å bli redusert markant i løpet av de neste 5-

²² Det bør dog nevnes at Tesla i April 2019 annonserte, at man allerede neste år ville ha biler, som private kunne leie ut til Tesla, som del av en Robotaxi flåte. Hva dette i så fall vil innebære for privates muligheter for å bruke bilen uten fører er ennå uvisst. Men det indikerer et mye raskere tidsperspektiv enn skissert her.

²³ Ordet LIDAR er sammensatt av ordene «light» og «radar» [Wikipedia].

10 årene. Bösch et al.(2017) antar at den samlede merkostnaden for fullt autonome biler på sikt blir 20% av gjennomsnittlig bilpris (uten avgifter).

For profesjonell bruk blir denne kostnaden uansett minimal sammenliknet med avlønning av den sjåfører som kan spares med førerløs kjøring. Dette gjelder ikke minst for drosjer, som i så fall kan få en markant større og annerledes funksjon i transportsystemet sammenliknet med i dag, hvor prisen gjør at markedsandelen er veldig liten. Dette behandles nærmere i Avsnitt 4.3.2.

4.2.3 Automatisering av lastebiler

Platooning (engelsk: i tropp) innebærer at flere vogntog kjører i konvoi på en strekning, tettere enn det som er vanlig ellers i trafikken, ved hjelp av trådløs teknologi. I mai 2018 foregikk den aller første demonstrasjonen av dette på offentlig veg i Norge, på strekningen E8 i Troms. Vegen ble stengt for ordinær trafikk mens testingen foregikk, og det var tre vogntog som kjørte i 70 km/t med to sekunders avstand.

Platooning for langdistanse lastebiltransport kan gi opp til 5-10% drivstoffbesparelse og kanskje trafiksikkerhetsgevinster. Hvis sjåføren i de etterfølgende lastebilene kan hvile eller foreta seg noe annet produktivt underveis kan det gi noen produktivitetsøkninger. Men gevinstene blir bare markante om man helt kan unnvære sjåføren. I 2016 gjennomførte man European Truck Platooning Challenge²⁴ hvor man under intensivt regulerte betingelser illustrerte platooning potensialet. Siden har interessen vært avtagende²⁵, blant annet fordi interessen i større grad går i retning mot å satse på utvikling av fullt automatiserte lastebiler, som vil gi langt større fordeler og større fleksibilitet. Hvis platooning blir teknisk og sikkerhetsmessig mulig er det sannsynlig at fullt automatiserte lastebiler også blir det, eventuelt noen år senere. Det er derfor tvilsomt om platooning vil rekke å spille noen vesentlig rolle som overgangsteknologi ut over kanskje innenfor utvalgte nisjetransporter.

Lønn til sjåføren utgjør opp mot halvparten av transportkostnaden med lastebil. Det betyr at full automatisering hvor lastebiler kan kjøre helt uten fører over lange avstander kan medføre store konkurransefordeler i forhold til dagens transporter. I motsetning til for personbiler trenger dette ikke være helt fra dør til dør, da man kan forestille seg at førerløs kjøring bare skjer til og fra terminaler utenfor byene eller mellom spesialdesignede logistikkentre ved motorveiene, hvor en sjåfører kan komme om bord og ta first/last-mile styringen.

Overordnet må følgende konklusjoner anses for plausible²⁶:

- Overgangen kan gå raskere enn for personbiler, når først teknologien er klar, av to årsaker:
 - Brukstiden for lastebiler i langdistansetrafikken er bare cirka fem år;
 - Nye aktører uten bunden kapital kan gå inn på markedet.
- Effekten på samlet godstransportetterspørsel på vei vil antageligvis være mindre enn for persontransport, da konkurranseflaten mot alternativene (sjø og bane) er relativt begrenset, og fordi priselastisiteten for godstransportetterspørsel er begrenset av transportkostnadens beskjedne andel av varens samlede pris.

²⁴ <https://eutruckplatooning.com/default.aspx>

²⁵ See for example: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-Trucks-invests-half-a-billion-Euros-in-highly-automated-trucks.xhtml?oid=42188247>

²⁶ Se Kristensen et al.(2018) Avsnitt 7.6.

- Derimot kan førerløs kjøring bety en endring i retning mot mindre forsendelser med høyere frekvens i mindre lastebiler, når den sparte sjåførlønnen reduserer kostnadsfordelene ved store kjøretøy²⁷. Dette kan bidra til økt trafikk på veinettet. Effekten vil dog være begrenset av at langdistansetrafikken med lastebil få steder utgjør en betraktelig del av den totale trafikken.

En rapport fra International Transport Forum²⁸ har analysert tre mulige scenarier for en utvikling mot førerløse lastebiler: 'Disruptive', 'Regulated' og 'Conservative', men også muligheten for at teknologien ikke blir implementert på denne siden av 2040. For både det disruptive og det regulerte scenario er førerløse lastebiler antatt å være dominerende (80%) på lange distanser allerede fra 2030. I det konservative scenario skjer introduksjonen først etter 2030.

Samlet sett kan man forestille seg at førerløse lastebiler får stor utbredelse før personbiler, og det anses ikke urealistisk at førerløse lastebiler introduseres på firefeltsveier i Europa innen 2030 og at de får en rask utbredelse derfra²⁹. Det kan få meget store konsekvenser for hele logistikkjeden og avledet derav også for lokalisering av produksjonsvirksomheter. Til gjengjeld vil det bare et fåtall steder få vesentlig innflytelse på behovet for kapasitetsøkning i veinettet.

Førerløse lastebiler kan også gjøre batteribasert elektrifisering av godstransporten til en mer attraktiv løsning på klimautfordringen. Rekkevidde er den store barrieren for batteridrift i langdistanse godstransport, men kostnaden ved å stoppe for lading blir mindre når det ikke er en sjåfør som må vente ved ladingen.

4.2.4 Automatiserte el-fly og -ferger

For transportformer som ikke benytter vei, det vil si luft-, jernbane- og sjøtransport, utgjør sjåføren en vesentlig mindre andel av kostnaden, fordi passasjertallet eller godsmengdene er betydelig større per fly, tog eller skip. Det kommersielle insentivet til å utvikle automatisering av disse er derfor umiddelbart tilsvarende mindre. Det kan forklare at man nå satser mest intensivt på automatisering i veisektoren³⁰.

Parallelt til busser og lastebiler kan kombinasjonen av sparte sjåførkostnader og mindre transportmidler gi høyere frekvens og service for fly og ferjer en større del av døgnet, med små eller ingen merkostnader.

Fly

Dette kan bli spesielt relevant innen luftfart hvor energilagringen lang tid fremover fortsatt vil være en barriere for store elektriske fly. Omvendt er små fly bare økonomisk bærekraftig i nisjemarkeder, så lenge de behøver pilot. Kombinasjonen av automatisering og elektrifisering kan derfor være løsningen hvis luftfart skal spille en rolle i en fremtid hvor klimautfordringen krever utfasing av fossilt drivstoff og hvor global bærekraft begrenser mengden av biobasert biodrivstoff.

²⁷ Det svenske oppstartsselskapet Einride utvikler elektriske fullautomatiske lastebiler med en totalvekt på 26 tonn (<http://www.einride.tech>). Samme betraktning gjelder for øvrig også for busser.

²⁸ International Transport Forum: *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport*, 2017.

²⁹ <https://interestingengineering.com/daimler-says-self-driving-semis-will-be-on-the-road-in-10-years>.

³⁰ Egentlig er automatiseringen lengst fremme i luftfarten, men den har her vært drevet av de høye sikkerhetskrav på grunn av store konsekvenser av hver ulykke. Av samme grunn har man fortsatt full pilotbemanning selv om flyene basalt sett kan starte, fly og lande uten pilotens inngripen.

Spredt bosetting i et langstrakt land med fjell og fjorder gir Norge særlige utfordringer, når man vil ha en infrastruktur som gir befolkning og næringsliv en høy mobilitet. Fly har høy hastighet og krever mindre infrastrukturbygging på bakken enn vei og bane. Små elektriske fly vil kunne ta av og lande på mye kortere rullebaner enn fly med forbrenningsmotor, samtidig som el-fly lager lite lyd og således vil kunne ta av og lande nærmere bebygde områder. Energieffektiviteten er høyere og driftskostnaden lavere enn for vanlige fly, og hvis strømmen er basert på norsk vannkraft er klimautfordringen ikke lengre diskvalifiserende for fly.

Sammenliknet med tett veitrafikk er kompleksiteten i trafikkbildet for fly mindre komplisert, og store passasjerfly er allerede i dag i stor utstrekning automatisert. Det er lovpliktig at starten foregår manuelt, men for mange selskap er det standard operasjonsprosedyre at autopiloten slås på over 3000 ft. og at landing skal foregå på autopilot, da dette anses som mest sikkert. Selv om menneskelige feil vurderes å være årsak til langt de fleste flyulykker, er pilotenes kanskje vesentligste funksjon fra et teknisk sikkerhetssynspunkt å kunne ta over om framdrifts- eller styringsteknikken svikter. I forhold til bakketransport er denne situasjonen uten sammenlikning mer komplisert og implikasjonene med høy sannsynlighet katastrofale med 800 km/t i ti kilometers høyde. I tillegg må den psykologiske barriere hos passasjerene mot å dra med førerløse fly anses som vesentlig større enn for førerløse biler.

Økonomisk sett er fordelene ved de sparte kostnader til piloten per passasjer vesentlig større for små fly. Dette er et argument for at den delvis klimarelaterte utvikling mot små elektriske fly kan bli en avgjørende driver for å realisere førerløse fly. Om argumentasjonen holder, tilsier den meget lave teknologiske modenhet av elektriske fly at førerløse fly kommer lenge etter 2030. På bakgrunn av litteraturen er det ikke mulig å gi et pålitelig anslag på når automatiserte fly kan komme, men SINTEF-rapporten *Teknologitrender som påvirker transportsektoren* antar at autonome fly tas i bruk mellom 2040 og 2050.

Ferjer

Teknisk sett bør automatisering av sjøtransport være mye enklere enn for både fly og veitransport: Hastigheten er lavere og konsekvensen av svikt av styrings- og framdriftsteknologien mindre, i hvert fall under normale værforhold. Oppdaterte digitale kart er mer overkommelig, fordi infrastrukturen er mindre dynamisk enn for veisystemet (nye veier, ombygging og veivedlikehold). Dette taler for at førerløs sjøtransport kan komme før enn for vei- og lufttransport. Men fra et globalt perspektiv er de økonomiske fordelene mindre og de kommersielle drivkreftene for innovasjonsinnsats derfor tilsvarende mindre.

Den norske veitransporten er i større grad avhengig av gode ferjeforbindelser enn de fleste andre land. Elektriske, automatiserte ferger med høy frekvens døgnet rundt kan kanskje i fremtiden tilby kostnadseffektive alternativer med tilnærmelsesvis like god opplevelse av bevegelsesfrihet, i de tilfeller hvor faste fjordkryssinger er for dyre i forhold til transportbehovet. Norge har bedre mulighet for å fremme utviklingen for skip og ferje enn for fly og biler, og er i internasjonal sammenheng langt fremme i utviklingen av autonome skip. Potensialet er derfor ganske stort og en aktiv innovasjonsinnsats har mulighet for å påvirke tidsperspektivet for når automatiserte løsninger kan tas i bruk³¹.

³¹ *Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet*, 2019 side 20, 39 og 85-88.

4.3 Delingsmobilitet

Mobiltelefoner med rask adgang til internett kombinert med online-betalingsmuligheter har ført til en voldsom oppblomstring av det som populært kalles plattformsøkonomi, hvor varer og tjenester kan kjøpes og selges via internett, formidlet av en tredjepart. Plattformsøkonomien har også vært forutsetningen for utviklingen innen delingsøkonomi³².

Delingsøkonomi kan smalt avgrenses til salg av ledig kapasitet på privateide varige forbruksoder, for eksempel bolig eller bil. En bredere definisjon vektlegger at delingsøkonomi gir mulighet for å ha lett tilgang til å bruke ting uten å eie dem, for eksempel bil, sykkel eller nå også sparkesykkel, det vil si at både tradisjonell leie og kommersielle transporttjenester via internett (bestillingsøkonomi) er inkludert. I forhold til transportetterspørsel og kapasitetsbehov er forskjellen mellom privateide transportmidler med ledig kapasitet og kommersiell utleie ikke viktig.

Det som er det avgjørende nye er at automatisert reservasjon og betaling kan skje umiddelbart, overalt, billig og raskt ved bruk av smartphone, hvilket kan uttrykkes som at transaksjonskostnaden har blitt minimert. Det gjør at delingsøkonomisk basert forbruk har økt dramatisk og at nye forretningskonsepter konstant utvikles. Dette gjelder også innen transport, hvor man bruker betegnelsen delingsmobilitet.

De neste tre avsnittene ser nærmere på perspektivene for delingsmobilitet. Først belyses potensialet for delebiler, deretter kombineres dette med automatisering og endelig ses på mulige nye konsepter for kollektivtrafikken.

4.3.1 Delebler og parkering

Bildeling har mange utforminger. Langt den mest utbredte foregår internt i en husstand, men den betraktes som regel ikke som egentlig bildeling og vil ikke bli behandlet her. Reell bildeling går fra private bileiere, som via en plattform leier ut (P2P), til kommersielle selskaper som tilbyr en flåte av biler (B2P eller B2B), mot betaling for korttidsbruk.

Tjenesten vil typisk være bybasert og enten ha faste standplasser, hvor bilen skal hentes og returneres, eller det som etter hvert blir mer og mer utbredt, 'free-floating', hvor bilene er spredt ut over et konsentrert, geografisk avgrenset område.

Bildeling gir større grad av biltilgang, da man kan bruke bil uten å eie, men selve bruken er dyrere per kilometer enn for private biler. Derfor får vi to motsatt rettede effekter på samlet bilkjøring, når bildeling økes:

- De som ikke før hadde bil vil bidra til økt bilkjøring
- De som kutter bilen (eller bil nummer to) vil bidra til redusert bilkjøring

Fleste empiriske studier viser at den siste effekten dominerer med den utbredelse som bildeling har i dag.

Langt den dominerende del av samlet bilkjøring skjer i dag av eieren eller den registrerte brukeren av private biler. Selv i byene har bildeling bare liten utbredelse og alt tyder på at de som bor utenfor byene eller som trenger å bruke bilen hver dag, for eksempel til jobben, også i framtiden vil foretrekke å eie egen bil.

Det største potensial for delingsbiler er blant de mange bileiere som bor i de største byene, men som reiser kollektivt eller sykkel og gang i hverdagen og bare trenger bilen noen dager, oftest i helgen, til turer ut av byen. Selv om de med bildeling ikke ville kjøre mye mindre, vil økt bildeling i byene gi store samfunnsmessige fordeler: Internasjonale studier har ut fra

³² For en utdypning av forholdet mellom plattformsøkonomi, delingsøkonomi og bestillingsøkonomi innen transport se *Teknologitrender i Transportsektoren* (2019) Avsnitt 8.2.

empiriske analyser estimert at hver delebil i dag erstatter rundt ti biler, som brukerne enten selger eller ikke kjøper³³. I de største byene er plass en veldig knapp faktor med høy verdi for byens liv, og stor utbredelse av bildeling ville kunne frigjøre store arealer, som i dag er opptatt av parkerte biler til andre formål. Et sentralt virkemiddel er i denne sammenheng prisingen av beboerparkering³⁴.

4.3.2 Automatisert delingsmobilitet – Robotaxis

En vesentlig ulempe ved delebiler i forhold til egen privatbil er at du oftest må gå et stykke til bilen. Dette løser dagens drosjer for deg, da du kan bestille den dør-til-dør. Ulempen ved delebilløsningen vil antageligvis være vesentlig i et scenario med høy markedsandel for 'free-floating' delebiler, men en vesentlig svakhet ved dette konseptet er et stort og kostbart behov for å balansere flåten til etterspørselen gjennom reposisjonering. Dette gjelder også for drosjene, som i gjennomsnitt bare hadde passasjerer i 54% av de kjørte kilometer i 2018³⁵.

Drosje er enkelt og fleksibelt, da du slipper å bry deg om drift og vedlikehold og ikke minst tid og utgifter til parkering. Men kostnaden er høy, da du må betale både for at den skal komme til deg i form av en startavgift og en høy takst per kilometer du kjører³⁶. Så selv om langt de fleste bileiere har bilen stående ubrukt størsteparten av tiden, lønner det seg likevel å ha den. Årsaken er at langt mer enn halvparten av den samlede kostnaden ved å kjøre drosje går til sjåførens lønn. Derfor utgjør drosjeandelen av det samlede antall bilturer bare en liten brøkdel selv i byene.

Dette illustrerer de meget vidtrekkende perspektiver av det som populært kalles 'Robotaxis'. Det vil si en fremtidig kombinasjon av automatisering og delingsmobilitet til førerløse drosjekonsepter, basert på forretningsmodellene til de såkalte 'Transport network companies' (TNCs), hvor Uber og Lyft er de mest kjente. Disse TNCs er allerede i dag markant billigere enn tradisjonelle drosjetjenester, som på seks år har mistet halvparten av kundene i USA. Samtidig har TNCs vokst til et omfang hvor de i dag estimeres å ha cirka seks ganger så mange turer som tradisjonelle drosjer³⁷.

Veksten i TNCs, og de ytterligere perspektiver ved at de i løpet av få år antageligvis kan begynne å kjøre som førerløse robotaxis på kommersiell basis, har medført at noen analytikere forutser slutten på privatbilen som den dominerende transportform³⁸.

Argumentet er forskjellen i utnyttelsesgrad mellom de fleste privatbiler, som kjører mindre enn 5% i døgnet og en robotaxi som prinsipielt kan utnyttes tett på døgnet rundt. Det innebærer først og fremst at den faste kostnaden (avskrivninger) blir markant mindre per kjørte kilometer og mer enn oppveier rengjøring, administrative og andre kostnader, slik at robotaxis samlet sett blir mye billigere enn å eie egen bil.

Andre fremhever at potensialet for forretningsmodellen er størst i de store byene, hvor befolkningskonsentrasjonen minimerer tomkjøring, noe som er kritisk for prisen, mens en stor andel av det samlede antall kjørte kilometer fortsatt vil være utenfor byene. Bösch

³³ Se blant annet [Transport & Environment \(2017\)](#) og [Martin and Shaheen \(2016\)](#).

³⁴ Beboerparkering for bil i Oslo koster 3000 kroner for ett år, men er gratis for elbiler [[Kilde](#)]. Til sammenligning er markedsprisen for leie av parkeringsplass 500 - 2000 NOK per måned [[Kilde](#)].

³⁵ [<https://www.ssb.no/drosje>]

³⁶ Gjennomsnittspris var 29,52 NOK per km med passasjer i 2018. [<https://www.ssb.no/drosje>]

³⁷ <http://www.schallerconsult.com/rideservices/automobility.htm> s. 6.

³⁸ [Rethinking Transportation](#), 2017.

(2017) kom gjennom detaljerte kostnadsberegninger og en rekke antagelser frem til at kostnaden per kilometer blir av omtrent samme størrelse for robotaxis og private biler.

En fremtid hvor robotaxis blir tilgjengelig i norske byer kan bli så radikalt annerledes, at det er knyttet stor usikkerhet til å forutsi konsekvensene for transportetterspørselen og trafikken. Likevel kan forsøk på å simulere endringen ved bruk av eksisterende modellverktøy gi et inntrykk av de mulige konsekvenser. Med dette utgangspunktet har TØI anvendt modellen MPM23³⁹ med en rekke antagelser. Man forsøker grunnleggende å simulere et fremtidsscenario hvor drosje blir en mulighet for alle til en variabel kostnad som tilsvarer modellens nåværende pris for gjennomsnittlig kjørekostnad for vanlige biler⁴⁰.

Konkret er følgende antagelser lagt inn i modellen:

- Prisen for robotaxi er én krone per kilometer og det er ikke noe 'oppstartsgebyr' for robotaxier. Bomtakstene er uendret som de ligger i modellen (2017-nivå).
- Alle kan bestille en robotaxi. Det øker biltilgangen som nå er 79%.
- Vi antar at tidsulempen ('tidsverdien') i bil reduseres med 30% for å fange opp økt reisekomfort. (Flügel et al 2019).
- I rushperioden økes reisetiden i og inn til Oslo med 20% for å fange opp at mer kø muligens reduserer etterspørselen etter bilreiser (modellen har ikke med virkningen av biltrafikk på kø).
- Alle har 'gratis parkering ved arbeidsplassen' (nå: 43%). Brukes i modellen for alle reisehensikter, og den representerer en generell parkeringsulempe på den aktuelle relasjonen.
- Robotaxier stopper ved faste «byttepunkter» i Oslo (ikke Akershus) og dette innebærer gåtid (til og fra byttepunkter) på fire minutter i gjennomsnitt.
- I gjennomsnitt må man vente tre minutter på en robotaxi i Oslo og seks minutter i Akershus.

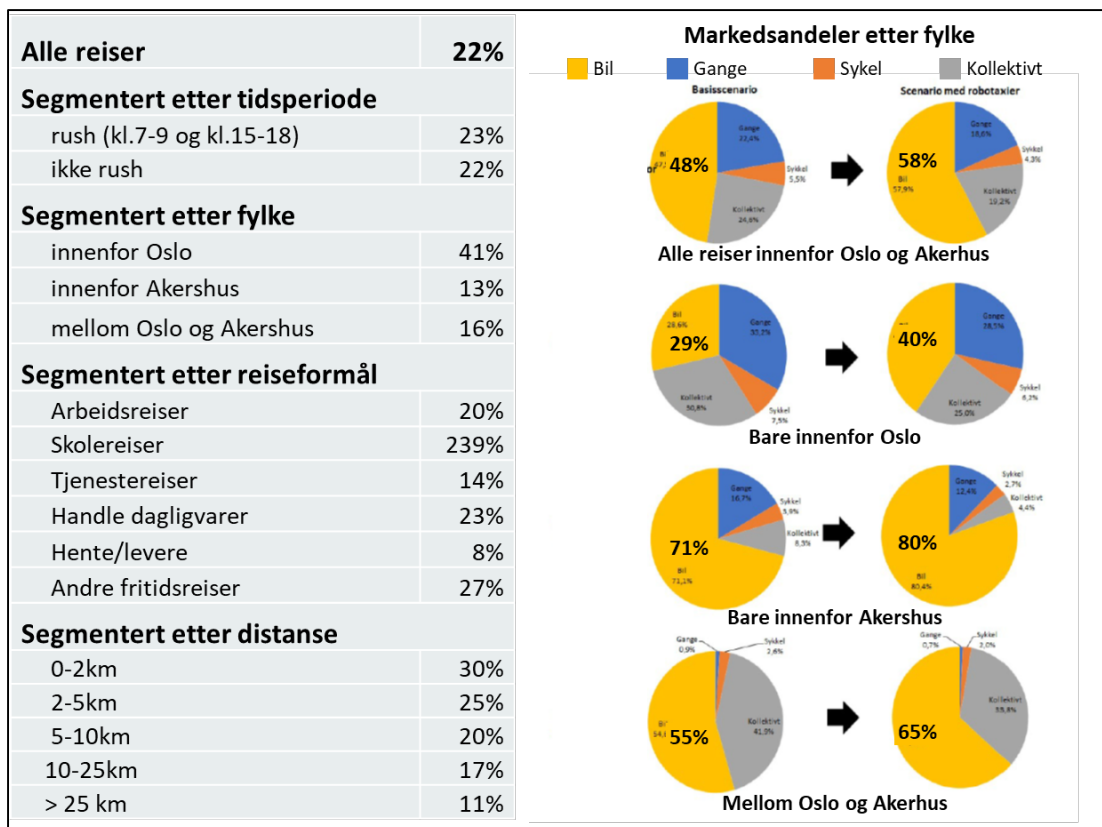
Dette innebærer følgende tre fordeler:

- Større brukergruppe,
- ingen parkeringsproblemer,
- mer komfortabel reisetid

En sammenlikning av resultatene fra modellberegningene er vist i figuren på neste side. Det ses av tabellen til venstre at antallet bilreiser samlet sett øker med 22% og at økningen relativt sett er størst innenfor Oslo. Dette er i overensstemmelse med, som det fremgår, at kortere turer øker mer enn lengre. Økningen er litt større i rushtiden enn utenfor. Segmentert etter reiseformål skiller skolereiser seg ut med mer enn tredobling, svarende til at modellen predikerer at knapt 40% av alle skolereiser (for elever og studenter over 15 år) vil bli tatt med robotaxier.

³⁹ MPM23 er en transportmiddelvalgmodell for Oslo/Akershus basert på reisevanedata fra Ruters Markedsinformasjonssystem (Ruter MIS). Modellen er beskrevet i Flügel et al. (2017).

⁴⁰ Resultatene er presentert i [Samferdsel 01-07-2019](#).



Figur 4.1 Sammenlikning av Basisscenario og Robotaxiscenario. Relativ endring i antall bilreiser og Markedsandeler etter fylke.

Kakediagrammene til høyre viser at markedsandelene for bil øker med cirka 10 %-poeng og at overflyttingen er størst fra kollektivtrafikken. De detaljerte endringer må dog tolkes med det forbehold at de vil avhenge av den forutsatte takststruktur for robotaxiene. Her er forutsatt en pris per kilometer, men det kan være mer realistisk at det også blir en starttakst som i dagens drosjer.

Men hovedresultatet av simuleringen er en vesentlig økning av biltrafikken og spesielt innenfor Oslo, hvor kapasitetsutfordringen selv uten denne økning må forventes å bli utfordret på grunn av den generelle trafikkveksten, jfr. Kapittel 2. Samtidig er det viktig å påpeke at robotaxier også gir økt verdi gjennom bedre mobilitet for brukergrupper som i dag ikke har tilgang til bil, spesielt personer uten førerkort.

Om man ønsker ha disse fordelene ved et robotaxi-scenario, men samtidig begrense biltrafikken der hvor det er kapasitetsproblemer for å redusere trengselen og øke fremkommeligheten, må man satse på å utnytte teknologien ikke bare til å dele bilene men til å dele turene, slik at samme transportarbeid kan oppnås med langt mindre trafikk. Potensialet for dette er illustrert i Ruters Oslo-studie utført etter samme mal av International Transport Forum for en rekke andre byer⁴¹. Her analyseres de trafikale konsekvenser av en rekke scenarier, hvor bilbrukere og kollektivbrukere i stedet benytter robotaxier. Modellberegningene tar som utgangspunkt at den samlede forventede tureterspørselen i Oslo og Akershus i 2020 for alle bilbrukere betjenes med robotaxier i to versjoner: Enten individuelle turer som i dag (1A) eller som delte turer (1B). Tilsvarende

⁴¹ *The Oslo-study – How Autonomous Cars May Change Transport in Cities*, 2019. International Transport Forum har laget tilsvarende studier for andre storbyer med kvalitativt samme resultater. Oslo-studien sammenlikner i Kapittel 7 med disse studier.

antas i scenario 2A og 2B at også alle brukere av buss og trikk betjenes med robotaxier⁴². Dette øker antallet turer med 52%.

Tabell 4.1 Scenarier for bruk av robotaxier i Oslo-studien

	Bilbrukere	Bilbrukere + Kollektivbrukere ⁽¹⁾
→ Robotaxier Individuelle turer	Scenario 1A	Scenario 2A
→ Robotaxier Delte turer	Scenario 1B	Scenario 2B

(1) Kollektiv omfatter bare buss og trikk, mens brukere av T-bane og tog fortsatt forutsettes å bruke disse.

Mens beregningene med MPM23 ovenfor simulerer hvor mange som vil benytte robotaxi-tilbudet, forutsetter beregningene i Oslo-studien at alle benytter et gitt tilbud (robotaxi-brukergruppen benytter enten individuelt eller delt). Modellen optimerer logistikken ved å minimere antall kjøretøy og samlet kjøring med krav til servicenivå (øvre grenser for ventetid og omveiskjøring). Det ses bare på rushperioden kl. 06–10 en hverdag, da denne bestemmer systemkapasiteten. Hovedresultater fra Oslo-studien fremgår av Tabell 4.2.

Tabell 4.2 Resultater for bruk av robotaxier i Oslostudien

	Basis	Scenario 1A	Scenario 2A	Scenario 1B	Scenario 2B
Antall biler	100%	9%	16%	7%	11%
Kjørte kilometer	100%	126%	197%	86%	131%
Tomkjøring	0%	27%	28%	17%	19%
Personer per bil ⁽¹⁾	1,14	1,14	1,14	1,86	1,89
Kilometer per bil	12	166	153	144	143

(1) Under kjøring med passasjerer.

Kilde: [*The Oslo-study – How Autonomous Cars May Change Transport in Cities*](#), 2019.

En sammenlikning av Basis med **Scenario 1A**, hvor alle bilturer overflyttes til individuelle robotaxi-turer (samme beleggsgard), viser at en fullt koordinert tilrettelegging bare krever cirka en tiendedel av dagens biler for å utføre det samme antall turer. En viktig effekt er at behovet for parkering i sentrum minimeres. Ulempen er at samlet kjøring økes med 26% på grunn av tomkjøring. Privatbilen har en meget lav utnyttelse med bare 12 kilometer kjøring pr bil i morgen-rushtiden, mens robotaxien med ti ganger så mange turer øker til 166 km inklusiv tomkjøring. Den markant høyere utnyttelsesgraden av bilene betyr imidlertid ikke at den samlede ressursbruk til biler faller tilsvarende, da bilene må skiftes mye oftere. Til gjengjeld blir bilene gjennomsnittlig nyere, så teknologisk utvikling av bilene slår veldig raskt igjennom.

Med robotaxier får alle adgang til å bruke bil til en mye lavere pris enn dagens drosjer. Som illustrert i MPM23-simuleringen vil kollektivbrukerne derfor i større eller mindre grad velge dette alternativ. **Scenario 2A** illustrerer konsekvensene hvis alle skifter til robotaxier. Kollektivbrukernes gjennomsnittlige reisetid reduseres betraktelig, fra cirka 32 minutter til cirka 18 minutter, hvilket indikerer at det kan forventes at en stor andel av buss- og

⁴² Rapporten viser også resultater for scenarier 3A og 3B, hvor kollektiv-brukerne betjenes med minibusser, men resultatene er ikke kvalitativt forskjellige fra 2A og 2B.

trikkebrukerne faktisk vil skifte om prisen ikke øker vesentlig sammenliknet med dagens kollektivpris. Både bilflåte og kjørte kilometer øker noenlunde i samme omfang som antall turer, som øker med 52% hvis alle flyttes. Det betyr at den samlede trafikk blir nesten fordoblet sammenliknet med basis. I tillegg vil komme økt transportetterspørsel, som beregningene ikke inkluderer. Det er opplagt at veinettet med dagens kapasitet ikke klarer å avvike trafikk på dette nivået.

Scenario 1B illustrerer hvor mye trafikken kan reduseres hvis vi i stedet ser på en situasjon hvor bilbrukernes robotaxiturer er samkjøring med fremmede som skal tilnærmesvis til samme destinasjon. Konkret er antatt en maksimal omveikjøring på 30 minutter og høyst 50% økning hvis mer enn 10 minutter. Bilbrukernes turer kan da gjennomføres med 86% av dagens kjøring (trafikkarbeid/kjørte km) i stedet for økningen på 26% ved individuelle turer. Gjennomsnittlig reisetid, inklusiv ventetid, økes bare med to minutter og nesten halvparten av turene vil være individuelle og under 10% vil ha mer enn to passasjerer.

I **Scenario 2B** vil biltrafikken tilsvarende bli redusert fra 197% til 131% av basis.

Kollektivbrukerne vil fortsatt oppleve en markant serviceforbedring.

Den eksakte størrelsen på resultatene i studien avhenger av forutsetningene om konkret servicenivå på for eksempel aksepterte ventetider og forlenget reisetid på grunn av omveikjøring. I tillegg vil graden av bruk i praksis avhenge av prisen på tjenestene. Men uansett kan det sammenfattende konkluderes med at

- robotaxier vil kunne gi store mobilitetsfordeler for personer som i dag ikke har mulighet for å bruke bil;
- robotaxier vil kunne gi en markant reduksjon i areal opptatt til parkering, hvilket spesielt er en fordel i bysentrene;
- omveikjøring, overflytting av kollektivbrukere og økt transportetterspørsel vil gi markant økt bilkjøring, til et nivå som med trafikksystemets nåværende kapasitet og uten ytterligere restriksjoner på bilbruk vil gi trengsel og reisetidsforsinkelser på uholdbart nivå;
- incentiver til fremme av samkjørsel kan redusere trafikken vesentlig; men
- høyklasse kollektivløsninger i byens sentrale korridorer må antageligvis fortsatt ta en stor del av etterspørselen for at transportsystemet kan håndtere det samlede transportbehovet i tettbefolkede områder.

Utpreget overgang til delingsmobilitetsløsninger vil ha store potensialer for å frigjøre parkeringsarealer til andre formål i sentrale byområder. Men en del av den sparte parkeringskapasiteten langs fortauskantene må konverteres til av- og påstigningssoner for de selvkjørende bilene. I områder med høy aktivitet vil det bli en knapp kapasitet i likhet med sentrale deler av veinettet, som vil kreve dynamiske insentivstrukturer, for eksempel kapasitetsprising, for at transportsystemet kan forbli effektivt.⁴³

⁴³ Se *The Shared-Use City: Managing the Curb*, International Transport Forum 2018 for en analyse av dette tema.

5 Fem scenarier for automatisering og delingsmobilitet i fremtidens veitransport

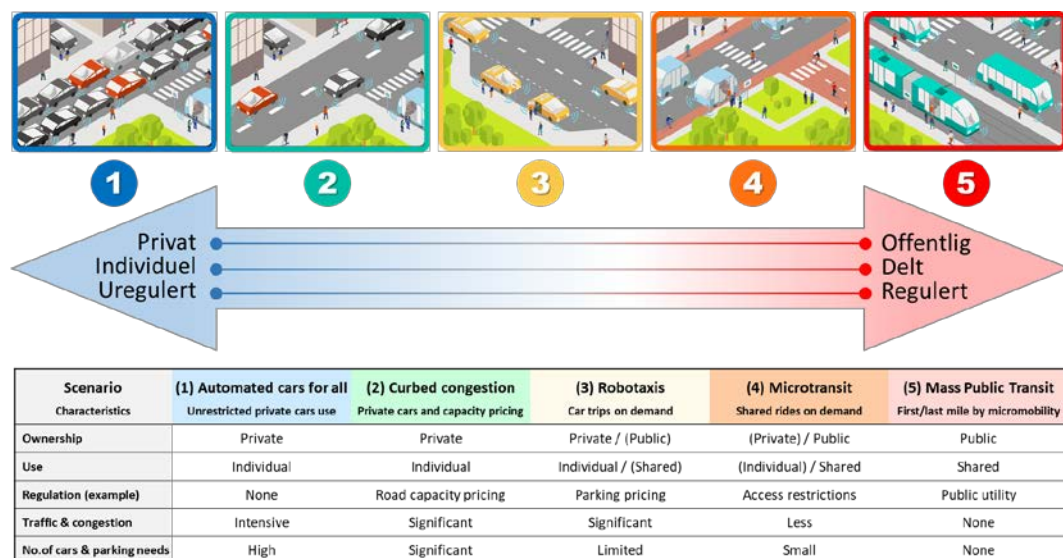
De foregående avsnittene har beskrevet noen vesentlige karakteristika ved automatisering og delingsmobilitet og ikke minst kombinasjoner herav, samt sannsynlige konsekvenser for fremtidig transportetterspørsel og muligheter for hensiktsmessig innretning av transportsystemet. En vesentlig konklusjon

er at teknologiutviklingen gjennom elektrifisering, delingsmobilitet og automatisering vil gi store potensialer for et bærekraftig og effektivt mobilitetssystem. Men like vesentlig er at det som faktisk vil bli realisert i høy grad avhenger av hva vi legger til rette for gjennom aktive politiske beslutninger eller fravær av slike.

Dette avsnittet presenterer fem scenarier for veitransportsystemet i en fremtid med elektrifiserte, førerløse kjøretøy og forskjellig vekt på delingsmobilitetsbaserte forretningskonsepter⁴⁴. Figur 5.1 gir et overblikk over scenariene, mens de etterfølgende delavsnittene gir en mer detaljert beskrivelse.

"... det skjer teknologisk utvikling som vi vil preges av nesten uavhengig av hvilke valg vi tar i Norge, men også at vi kan påvirke måten teknologien påvirker samfunnet gjennom politiske valg. En betydelig del av den utviklingen vi ser er nettopp muligheter og utfordringer. Det kreves at vi aktivt legger til rette for og tar i bruk de teknologiske mulighetene vi ønsker som samfunn dersom disse skal forløses og gi konkrete resultater i form av en bedre, billigere og mer bærekraftig transportsektor. Vi må ikke bare forstå den teknologiske utviklingen – men også utnytte det teknologiske handlingsrommet."

Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet, 2019



Figur 5.1 Fem scenarier for fremtidens transportsystem med førerløse kjøretøy.

⁴⁴ Videreutvikling av scenariene fra *Societal consequences of automated vehicles – Norwegian Scenarios*, TØI-rapport 1700/2019.

De fem scenariene kan ses som et spektrum fra et ytterpunkt (til venstre), som kan karakteriseres som utpreget *privat/individuell/uregulert*, med en gradvis overgang til et annet ytterpunkt som kan karakteriseres som det første ytterpunktets motsetning: *offentlig/delt/regulert*. Hvert scenario har sine fordeler og ulemper og er ikke tenkt som en normativ rangordning den ene eller den andre veien. De er tilstrebet formulert som stiliserte eller rendyrkede, som ikke kan stå alene. En konkret utforming av fremtidens transportsystem vil i praksis være en kombinasjon av flere eller alle scenarier, hvor politiske valg vil reflektere vektleggingen av hvert av de fem rendyrkede konseptene. I tillegg vil balansen i vektleggingen i høy grad avhenge av graden av urbanisering jfr. kategoriseringen i fire områder i Kapittel 1:

- Bysentre,
- Rundt de største byene,
- Utenfor byene og
- Lange reiser.

5.1 Scenario 1: 'Automated cars for all' – unrestricted private car use

Det ene ytterscenario er for så vidt en videreføring av dagens situasjon, ved at private biler er dominerende. Det er meget uvisst om og når fullt automatiserte biler blir markedsklare, og en annen usikkerhetsfaktor er om prisen blir såpass lav at de reellt blir tilgjengelig for alle. Hvis prisen på førerløse biler ikke blir vesentlig høyere enn dagens biler og inntektsnivået i samfunnet fortsatt øker, vil økonomien være en begrensning kun for en mindre del av befolkningen. I så fall vil det gi en meget kraftig forbedring av mobiliteten for de som i dag ikke har adgang til bil, spesielt utenfor byene og i de områdene og tidsperioder hvor kollektivtilbudet er begrenset. Et mulig perspektiv i tråd med karakteriseringen av dette scenariet, er at samfunnets serviceforpliktelse til å levere mobilitet for alle ikke lenger blir kollektivtilbud men inntektsavhengige tilskudd til bilkjøp. Anvendelsesmulighetene vil også øke for de som i dag har en eller flere biler, for eksempel vil bilen bli mer attraktiv til lange reiser hvis man kan sove eller bruke tiden til andre ting. Dette kan føre til en betraktelig økning av transportetterspørselen mellom de store byene, og i tillegg økt vektlegging på og politisk press på at veiene er utformet slik at kjøringen blir tilstrekkelig komfortabel til at man reellt kan utnytte disse mulighetene.



Figur 5.2 Scenario 1: Automated cars for all – unrestricted private cars use

Samlet sett må vi forvente at førerløse private biler vil føre til vesentlig større transportetterspørsel. Denne økning kommer i tillegg til den generelle økning av transportetterspørselen som kan forventes som følge av urbanisering og vekst i befolkning og økonomisk velstand. I en radikal versjon av dette scenariet er økonomisk regulering av trafikken gjennom bil- og drivstoffavgifter og bompenger, helt avskaffet, og det vil gi enda større økning av trafikken.

Sannsynligvis vil dette scenariet derfor føre til meget stor trafikkvekst, som forsterkes av at brukerne av selvkjørende biler kan slippe å parkere og i stedet la bilene kjøre tomme rundt og avvente at brukeren skal hentes igjen etter et møte, restaurantbesøk eller liknende. Tomme biler har ikke samme ulempe som passasjerene ved lav fremkommelighet/kø, og netopp denne ulempen er i dag en vesentlig begrensning på trafikken når der er trengsel. I bysentre og rundt de største byene vil dette resultere i et sterkt kapasitetspress og store fremkommelighetsproblemer, som i praksis vil begrense mobiliteten i disse områdene. Store infrastrukturinvesteringer vil være nødvendige, men det kan uansett bli meget vanskelig å skape et transportsystem som fortsatt kan levere høy mobilitet i de største byene.

Utenfor byene er kapasiteten i dag bare utfordret få steder og på få tidspunkter. I de viktigste korridorerne mellom de største byer kan dette endres hvis førerløse biler leder til markant økning av bilreiser.

5.2 Scenario 2: 'Curbed congestion' – private cars and capacity pricing

Scenario 2 kan ses som en aktiv regulatorisk reaksjon på de trafikale utfordringer som ubegrenset bruk av fullt automatiserte biler i det ovenstående scenario gir, jfr. beskrivelsen ovenfor. Scenario 2 innebærer introduksjon av dynamisk kapasitetsprising av veinettet på de steder og tidspunkter hvor trafikkomfanget gir kapasitetspress og nedsatt fremkommelighet.

Kapasitetsprising er i dag utbredt og den vanlige situasjon i de fleste andre samfunnssektorer. I transportsektoren brukes i dag markedets pristilpasning for luftfarten, hvor prisen er høy på attraktive tidspunkter og derigjennom fordeles etterspørselen over døgnet. På samme måte kan kapasitetsprising også være en fordel for andre transportformer, for eksempel i T-banen i rushtiden.

En usikkerhet ved dette scenario er at et avansert og dermed effektivt dynamisk prisingssystem, hvor taksten kan variere over tid og sted ennå ikke er fullt utviklet og implementeringsklar, men det er rimelig å forvente at det vil være det når fullt automatiserte biler blir utbredt. Førerløse bilers avanserte konnektivitet, geoposisjonering og annen digitalisering vil i seg selv muliggjøre enkel oppkobling på et dynamisk prisingssystem. Bompenger kan være et mindre optimalt og mindre rettferdig alternativ, som er i bruk i dag og kan ses som en overgangsteknologi.



Figur 5.3 Scenario 2: Curbed congestion – private cars and capacity pricing

Størsteparten av veinettet er i dag ikke belastet av stor trengsel med vesentlig økning og uforutsigbarhet om reisetiden, og problemer er først og fremst knyttet til rushtidsperioder og eventuelt andre spissbelastninger. Kapasitetsprising for å sikre effektiv utnyttelse av transportsystemet og unngå overinvesteringer er bare relevant på begrensede deler av veinettet og først og fremst i bysentre og i de viktigste korridorene til og rundt byene. Som nevnt i forrige avsnitt kan enkelte korridorer mellom de største byene, hvor en større del av befolkningen vil bo i fremtiden (se avsnitt 2.3), også få kapasitetspress, som med fordel kan håndteres gjennom kapasitetsprising. På størstedelen av veinettet vil imidlertid Scenario 2 være lik Scenario 1.

5.3 Scenario 3: 'Robotaxies' – car trips on demand

Scenario 3 med robotaxier er detaljert utredet i avsnitt 4.3.2. Samlet etterspørsel etter biltransport blir sannsynligvis litt eller noe mindre i forhold til Scenario 2, men ikke nødvendigvis. Noen vil gi opp bilen og kjøre mindre mens andre som ellers ville ha tatt kollektiv eller sykkel og gang vil velge robotaxien. Om dette gir mindre eller mer bilkjøring vil i høy grad avhenge av prisen på en robotaxitur. Økonomien i robotaxikonseptet avhenger av minimering av tomkjørselen. Det gjør at de kommersielle perspektiver er best der befolkningstettheten er høy. Omfanget av den samlede personbiltrafikk vil avhenge av graden av regulering og dermed avspeile forskjellene mellom Scenario 1 og 2.

Den avgjørende forskjellen er at overgangen fra private biler til delte biler, som bestilles og betales som en service, muliggjør en langt høyere utnyttelse av bilene, slik at den samlede bilflåten og ikke minst behovet for arealer til parkering kan bli markant mindre.

Mer intensiv utnyttelse av bilene vil gi en (langt) mindre bilflåte som til gjengjeld har kortere levetid. Det vil gi behov for færre nye biler per år, men bare i det omfang bilene tas ut på grunn av teknologisk foreldelse og ikke fordi de er utslitt. Den vesentligste fordel vil antagelig være at gjennomsnittsalderen på bilflåten blir lavere og bilene blir dermed teknologisk mer oppdatert med de fordeler det gir, ikke minst knyttet til trafiksikkerhet, energieffektivitet og komfort.

Den høyere utnyttelsesgrad av bilene sammenliknet med private biler betyr også at de bare trenger parkering i kortere tid. I perioder med overskuddskapasitet, herunder om natten, kan bilene fjernparkeres.

Mindre behov for parkering er først og fremst en fordel i byene, hvor det er knapt med plass. En stor del av parkeringen foregår i offentlig eide områder langs fortauskantene og langt størsteparten av denne plassen vil kunne frigjøres til andre formål. Det kan være til bredere fortau og bilfri åpne plasser, som kan konverteres til opphold og uteservering, sykkelfelt og -parkering, bussbaner eller for den saks skyld ekstra kjørefelt. En del av parkeringsarealerne må imidlertid omdannes til oppsamlings-/avsetningssoner for robotaxiene.



Figur 5.4 Scenario 3: Robotaxis – car trips on demand

Men robotaxier og den avledet frigjøring av arealer til parkering i byene kommer ikke nødvendigvis av seg selv, hvis de som bor og transporterer seg i byen kan velge fortsatt å bruke private (automatiserte) biler: Aktiv parkeringspolitikk, med for eksempel betydelig prising av både korttidsparkering og beboerlisenser, kan være et effektivt virkemiddel hvis man ønsker å fremme dette scenariet. I forhold til private førerløse biler kan bildeling ved robotaxier også gi mobilitetsfordeler til de som ikke har råd til eller trenger egen bil, da man får et billigere tilbud enn dagens taxi med sjåfør. Jo flere som bruker delte konsepter som robotaxier fremfor privat bil jo bedre blir konseptet for brukene, fordi det blir mere utbredt. Utvikling av robotaxis skjer på kommersiell basis og er i allerede i dag langt fremme i USA og til dels i Kina. De virksomheter som er involvert i utviklingen satser i første omgang på å introdusere konseptet i de største millionbyene, hvor det kommersielle potensialet for dette scenariet samlet er størst.

En vesentlig usikkerhetsfaktor er om konseptet er levedyktig utenfor disse storbyer. Dette gjelder for det første med hensyn til tidshorisonen for at robotaxiene kan kjøre under de vesentlig annerledes trafikale betingelser som gjelder i norske byer. For det annet er forretningskonseptet på samme måte som for TNCs (Uber, Lyft o.a.) basert på høye befolkningskonsentrasjoner, og det er uvisst om det er kommersielt bærekraftig i bystørrelser som karakteriserer Norge.

Utenfor de store byene, hvor bruken av bil er daglig og ofte intensiv, er det vanskelig å tro at robotaxi-konseptet vil være tilstrekkelig effektivt til at det helt kan erstatte private biler. Tilsvarende vil der på lange reiser antagelig være behov for en kollektiv veitransportform. Men for den lokale kollektivtrafikken kan det være effektivt som erstatning for bussruter med veldig lave passasjertall og dermed høye kostnader for kollektivselskapet. Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv vil det ganske sikkert være et bedre alternativ enn de subsidierte private bilkjøp fra scenariene 1 og 2. Som i disse scenarier er utfordringen å ta frem kriterier for i hvilke situasjoner og til hvem man ønsker å tilby det subsidierte tilbud.

5.4 Scenario 4: 'Microtransit' – shared rides on demand

En vesentlig erkjennelse om delingsmobilitet er at delebiler og robotaxier ikke i seg selv gir mindre trafikk og trengsel. Det krever flere personer i hver bil, som kan oppnås gjennom samkjøring, hvor vi deler turen med andre. Dette vil ofte være fremmede, som ikke nødvendigvis skal akkurat fra samme sted og til samme sted som oss selv. Det betyr også at vi må akseptere at turen kan ta litt lengre tid fordi vi kanskje skal kjøre en liten omvei. Til gjengjeld blir vi flere om å dele prisen på turen.

Kapasitetsprising på et nivå som merkbart reduserer trafikken, gir insitamenter til å utvikle og bruke samkjøringskonsepter, fordi prisen per person da blir mindre. Men når vi blir rikere, og hvis robotaxier blir billige, er spørsmålet hvor høy prisen må være for at vi vil akseptere ulempene ved å kjøre en omvei og dele turen med fremmede for å spare en del av kostnaden. Det kan kanskje kreve høyere kapasitetsprising enn det som vil være politisk akseptabelt.



Figur 5.5 Scenario 4: Microtransit - shared rides on demand

Når vi noen ganger deler turene med fremmede, og derfor må akseptere en mindre omvei, blir grensen mellom individuell og kollektiv transport flytende. Den avgjørende karakteristikk av Scenario 4 i forhold til konvensjonell kollektiv trafikk (Scenario 5) er at kjøringen skjer (tilnærmet) dør-til-dør og ikke i henhold til en ruteplan. Som for individuell bruk av robotaxier bestilles turen online og kjøringen planlegges automatisert i realtid både med hensyn til tidspunkt og rute for den aktuelle etterspørsel.

Konseptet kan tenkes i minst to varianter, hvor grensen er flytende, og som kan sameksistere eller være integrert i ett system: Den ene varianten kan betegnes som *'pooled robotaxis'* og vil typisk organiseres som en privat operatør. Den andre kan betegnes *'automated minibuses'*, som er større kjøretøy med flere passasjerer. Minibuss-konseptets flere passasjerer per tur gir behov for et (mindre) antall veldefinerte stoppesteder for å gi brukbare reisehastigheter. Det vil ha mer karakter av en individualisering av dagens kollektive transport og vil derfor kanskje ses som en oppgave for dagens kollektivselskaper. *'Pooled robotaxis'* gir en mer individuell tilpasning, men den lavere grad av samkjøring vil gi tilsvarende mindre begrensning av trafikken og dermed mindre forbedring av fremkommelighet sammenliknet med Scenario 3.

Utenfor byene, hvor lav befolkningstetthet gjør at økonomien i kollektive transporttilbud er basert på store subsidier, er det potensial for å forbedre tilbudet samtidig med å redusere kostnaden ved å utvikle nye kollektivtilbud basert på 'on-demand' samkjøringskonsepter med robotaxier og/eller automatiserte minibusser. Samkjøringskonsepter vil være enklere å utforme som subsidierte løsninger enn tilskudd til privatbiler (Scenario 1) eller individuelt brukte robotaxis (Scenario 2), fordi der er ulemper ved kollektive turer (samkjøring) i form av omvei, mere ventetid og mindre privathet sammenliknet med individuelle turer.

På lange turer mellom byene kan delte, on-demand tjenester også fungere som alternativ til den tradisjonelle kollektivtrafikken, men potensialet som kostnadsbesparende tiltak er antageligvis mindre, fordi passasjergrunnlaget for å drive tradisjonell kollektivtrafikk (Scenario 5) er bedre mellom større byer.

5.5 Scenario 5: 'Mass Public Transit' – first/last mile by micromobility

Scenario 5 er først og fremst fokusert på de største byenes utfordringer med å sikre mobilitet og fremkommelighet. Styrken ved dagens kollektive transportsystem er at det har kapasitet til å transportere mange mennesker med liten arealbruk. I de største byene vil det bli vanskelig å oppnå tilstrekkelig kapasitet alene med individualiserte løsninger for å oppfylle byens transportbehov, selv med samkjøring som i Scenario 4. I en fremtid med automatisering vil de største byene derfor fortsatt trenge et høyklasse rutebasert kollektivt transportnettverk.

Et scenario med full automatisering av både tog, T-bane, trikk og buss kan gi driftsmessige fordeler og lavere kostnader. Spesielt for buss kan det kostnadseffektivt gi muligheter for høy frekvens i større deler av døgnet. Om man lykkes med å få flere brukere i kollektivtrafikken som må betjenes ved økt tilbud, får man også fordeler for de eksisterende passasjerer, spesielt med buss, gjennom muligheten for en høyere avgangsfrekvens (den såkalte 'Mohring-effekt').

I et rendyrket kollektivt scenario uten biler i byene, vil frigjøringen av arealer som ikke lenger trengs til transportformål til andre bruksformål gi stort potensiale for radikale endringer av byplanleggingen og byenes utforming.



Figur 5.6 Scenario 5: Mass Public Transit supported by micromobility

Den avgjørende svakheten for kollektivtrafikken i byene er det som kalles 'first/last-mile' utfordringen, det vil si transport til og fra trafikknutepunktene i korridorene for høyfrekvente linjer med høy reisehastighet. Svakheten avspeiles i dag tydelig i lavere markedsandel for kollektivtrafikken når bosted eller destinasjon for reisen ikke er tett på knutepunkt i kollektivtrafikken.

En del av visjonen for Scenario 5 er forsterket oppkobling til knutepunktene gjennom 'Mobility-as-a-service'-løsninger som integrerer nye app-baserte 'mikromobilitet'-konsepter som (el-drevne) sparkesykler og el-sykler. I praksis vil det være naturlig at også elementer fra Scenario 4 inngår, ikke minst for å utvide opplandet til kollektivknutepunktet. Sømløs overgang til og fra høykvalitetstilbudet i knutepunktene krever nytenking om arealbruken

rundt disse, med for eksempel avsetnings-/oppsamlingssoner og optimering og videreutvikling av parkeringsfasiliteter for mikromobilitetskonseptene.

I dag er ekspressbusser et mindre attraktivt, men svært kostnadseffektivt alternativ til togdrift mellom byene. Automatiserte busser vil gi enda lavere kostnad som kan gi potensial for å tilby høyfrekvente og mer komfortable bussløsninger til betjening av mellomlange avstander mellom byene. Dette kan gi mulighet for å konsentrere togdriften på non-stop over lengre avstander, hvor jernbanen har sin absolutte styrke i kraft av høy hastighet mellom bysentre. Små elektrifiserte fly kan også bli en relevant og klimanøytral del av kollektivtransporten, som især er attraktiv over de lengste avstander og på mellomlange avstander til mindre byer, hvor de kan erstatte utbygging av infrastruktur til landtransporten.

6 Referanser

- Avinor (2019) *Avinor og norsk luftfart 2019*.
- Bakken T et al. (2017) *Teknologitrender som påvirker transportsektoren* (SINTEF-rapport 2017-00303).
- Bösch et al. (2017) *Cost-based analysis of autonomous mobility services*, Transport Policy vol. 64.
- Ricardo Energy & Environment (2016) *Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report, Executive Summary*.
- COWI (2019) *The Oslo-study – How Autonomous Cars May Change Transport in Cities*.
- Flügel S. et al. (2017) *Videreutvikling av markedspotensialmodell for Oslo og Akershus (MPM23 v2.0)* (TØI-rapport 1596/2017)
- Flügel S et al. (2019) *Robotaxier – et mulig mareritt for nullvekstmålet*, Samferdsel 2019.
- Fridstrøm L (2019) *Framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019* (TØI-rapport 1689/2019).
- Høydahl E (2017) *Ny sentralitetsindeks for kommunene*. (Statistisk Sentralbyrå, Rapport 2017/40).
- International Transport Forum (2017) *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport*.
- International Transport Forum (2018) *The Shared-Use City: Managing the Curb*.
- IPCC (2018) *Global Warming of 1.5°C*, Special Report from the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kristensen N B et al. (2018). *Mobilitet for Fremtiden*.
- Leksnes S et al. (2018). *Befolkningsframskrivingene 2018. Modeller, forutsetninger og resultater*. (Statistisk Sentralbyrå Rapport 2018/21).
- Madslie et al. (2019a). *Framtidens transportbehov. Framskrivinger for person- og godstransport 2018-2050*. (TØI rapport 1718/2019).
- Madslie et al. (2019b). *Framtidens transportbehov. Følsombetsberegninger av transportframskrivinger og transportutvikling i korridorer*. (TØI rapport 1722/2019).
- Martin et al. (2016) *Impacts of car2go on Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions*.
- Meld. St. 29 (2016–2017). *Perspektivmeldingen 2017*, Finansdepartementet, Oslo.
- Meld. St. 33 (2016-2017). *Nasjonal transportplan 2018-2029*. Samferdselsdepartementet, Oslo.
- Nenseth V (2019) *Societal consequences of automated vehicles – Norwegian Scenarios* (TØI-rapport 1700/2019).
- Regjeringen (2019) *Politisk Plattform for for en regjering utgått av Høyre, Fremskrittspartiet, Venstre og Kristelig Folkeparti*. Granavolden 17. Januar 2019.

- RethinkX (2017) *Rethinking Transportation 2020-2030*.
- Schaller (2018) *The New Automobility: Lyft, Uber and the Future of American Cities*.
- Størdal J M et al. (2019) *Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet*. Rapport fra Ekspertutvalget - teknologi og fremtidens transportinfrastruktur.
- Transport & Environment (2017) *Does sharing cars really reduce car use?*
- Wahl R et al. (2019a). *Strategiske mulighetsrom ved ny teknologi*. Utredningsrapport til Nasjonal transportplan 2022-2033.
- Wahl R et al. (2019b). *Teknologitrender i transportsektoren*. Utredningsrapport til Nasjonal transportplan 2022-2033.

Vedlegg A

Dekomponert framskriving av transportarbeidet

Dette vedlegg dokumenterer beregningsmetoden for dekomponeringen av veksten i transportarbeidet fra 2018 til 2040. Det antas at de daglige reisevanene i RVU2013/14 også er dekkende for 2018.

Reischensikt (h) = $h \in \{\text{Alle}; 1-2; 3; 4-8\}$

1 = Arbeid	3 = Tjeneste	4 = Handle/ Service
2 = Skole		5 = Følge/omsorg
		6 = Fritid
		7 = Besøk
		8 = Annet

Sentralitetsklasse (s) $s \in \{S1, \dots, S6\}$

Aldersgruppe (a) $a \in \{13-15; 16-20; 21-25; 26-30; 31-35; 36-40; 41-45; 46-50; 51-55; 56-60; 61-66; 67-70; 71-75; 76-80; 81-85; 86-90; 91-100; 100+\}$

Kjønn (k) $k \in \{\text{Mann}; \text{Kvinne}\}$

T_{sak}^h er gjennomsnittlig samlet reiselengde per dag med reischensikt h per RVU_{2013/14} intervjuperson i kommuner i sentralitetsklasse s , aldersgruppe a og kjønn k .

B_{sak}^i er samlet befolkningstall med kjønn k i aldersgruppe a i alle kommuner i sentralitetsklasse s , hvor $i = 2018; 2030; 2040; 2050$.

Tabell 2.3 Vekst i transportarbeid som følge av befolkningsvekst med uendret fordeling på kjønn og alder og uten geografiske forskyvninger:

$$\frac{T^h B^{2040}}{T^h B^{2018}} = \frac{B^{2040}}{B^{2018}}$$

Tabell 2.5 Vekst i transportarbeid som følge av befolkningsvekst og endret fordeling på alder og kjønn uten geografiske forskyvninger:

$$\frac{\sum_{ak} T_{ak}^h B_{ak}^{2040}}{\sum_{ak} T_{ak}^h B_{ak}^{2018}}$$

Tabell 2.6 Vekst i transportarbeid som følge av befolkningsvekst og endret fordeling på alder og kjønn med geografiske forskyvninger:

$$\frac{\sum_{sak} T_{sak}^h B_{sak}^{2040}}{\sum_{sak} T_{sak}^h B_{sak}^{2018}}$$

$$T_{ak}^h = \frac{\sum_s T_{sak}^h B_{sak}^{2018}}{B_{ak}^{2018}}$$

$$T_k^h = \frac{\sum_a T_{ak}^h B_{ak}^{2018}}{B_k^{2018}}$$

$$T^h = \frac{\sum_k T_k^h B_k^{2018}}{B^{2018}}$$

$$T_{sak} = \sum^h T_{sak}^h \quad T_{ak} = \sum^h T_{ak}^h \quad T_k = \sum^h T_k^h \quad T = \sum^h T^h$$

Gjennomsnittlig daglig reiselengde alle reisehensikter RVU 2013/14							
Totalt	Ts	Ts	Ts	Ts	Ts	Ts	T
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Menn totalt	Tsk	Tsk	Tsk	Tsk	Tsk	Tsk	Tk
13-15 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
16-20 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
21-25 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
16-20 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
31-35 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
36-40 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
41-45 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
46-50 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
51-55 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
56-60 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
61-66 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
67-70 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
71-75 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
76-80 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
81-85 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
96-90 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
91-100 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
100+ år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Kvinner totalt	Tsk	Tsk	Tsk	Tsk	Tsk	Tsk	Tk
13-15 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
16-20 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
21-25 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
16-20 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
31-35 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
36-40 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
41-45 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
46-50 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
51-55 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
56-60 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
61-66 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
67-70 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
71-75 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
76-80 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
81-85 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
96-90 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
91-100 år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak
100+ år	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tsak	Tak

De konkrete uttrekk for T_{sak} , T_{ak} , T_{sk} , T_k , T_s og T med oppdeling på reisehensiktene $h = 1-2, 3$ og $4-8$ er vist i Vedlegg B.

Vedlegg B

Uttrekk fra Reisevaneundersøkelsen 2013-14

- oppdelt på kjønn, aldersgrupper og sentralitetsklasse

Tabell B.1	Tabell B.2	Tabell B.3	Tabell B.4
Alle	1 Arbeid 2 Skole	3 Tjeneste	4 Handle/service 5 Følge/omsorg 6 Fritid 7 Besøk 8 Annet

Tabell B.1

Gjennomsnittlig daglig reiselengde alle reisehensikter RVU 2013/14							
Totalt	38,5	42,1	47,0	46,8	52,4	70,5	45,3
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Menn totalt	42,7	46,7	52,8	51,2	60,2	93,6	51,3
13-15 år	33,4	28,1	24,8	36,6	34,8	12,3	30,0
16-20 år	33,4	38,2	42,2	35,5	31,6	54,2	38,2
21-25 år	44,7	45,1	45,1	64,3	36,7	252,2	53,5
16-20 år	40,9	44,2	62,3	55,5	93,1	12,6	51,5
31-35 år	44,3	47,0	49,3	40,6	183,5	85,0	56,9
36-40 år	40,2	46,5	63,5	55,3	40,7	590,6	58,2
41-45 år	44,9	62,3	62,9	61,1	139,3	74,3	65,5
46-50 år	42,8	54,8	64,9	111,9	90,0	117,6	70,6
51-55 år	51,3	53,2	65,5	49,4	46,0	82,4	55,9
56-60 år	50,7	64,0	71,0	54,4	43,2	48,9	58,8
61-66 år	43,4	51,6	57,8	49,6	53,5	37,7	51,2
67-70 år	59,3	38,6	41,4	31,9	23,3	32,6	39,2
71-75 år	32,5	44,3	35,3	43,4	11,7	203,3	41,0
76-80 år	27,8	24,2	37,5	32,9	32,5	16,5	30,6
81-85 år	33,9	15,3	28,8	9,1	3,7	-	20,0
96-90 år	35,1	19,4	15,5	11,8	34,6	-	21,0
91-100 år	-	10,0	-	4,3	-	-	4,0
100+ år	-	-	-	-	-	-	-
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Kvinner totalt	34,4	37,4	40,8	41,9	43,4	37,3	39,0
13-15 år	19,2	28,0	31,1	25,2	57,4	10,3	29,7
16-20 år	28,5	38,9	31,9	34,6	41,5	32,0	34,2
21-25 år	25,5	36,0	51,8	33,7	24,3	0,2	34,9
16-20 år	40,5	39,6	48,5	36,9	38,5	29,1	41,3
31-35 år	46,5	45,7	42,7	62,9	50,3	30,4	48,2
36-40 år	37,5	40,4	45,1	45,2	58,7	109,9	45,1
41-45 år	34,4	43,8	46,6	52,0	79,2	32,8	46,3
46-50 år	38,6	43,8	48,2	61,7	42,1	53,1	47,4
51-55 år	37,0	43,8	51,9	42,3	56,7	26,5	44,9
56-60 år	35,5	39,8	45,5	48,8	47,7	14,7	42,1
61-66 år	33,5	31,4	36,5	45,3	28,0	20,6	35,3
67-70 år	51,0	31,9	29,2	30,3	20,2	42,2	33,6
71-75 år	23,8	24,8	25,7	28,6	17,0	48,9	26,2
76-80 år	16,6	19,5	23,9	17,7	29,7	2,0	20,2
81-85 år	13,5	9,3	11,0	17,7	34,0	-	14,1
96-90 år	7,2	21,1	2,1	5,9	-	-	6,9
91-100 år	1,8	2,4	5,3	1,3	-	-	2,9
100+ år	-	-	-	-	-	-	-

Tabell B.2

Gjennomsnittlig daglig reiselengde med reisehensikt 1-2 i RVU 2013/14							
Totalt	9,4	10,8	13,6	10,3	10,1	17,9	11,3
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Menn totalt	10,6	13,6	16,7	11,7	13,2	26,8	13,9
13-15 år	2,6	4,0	6,1	4,1	5,7	3,5	4,5
16-20 år	13,0	12,1	16,2	9,5	12,6	5,9	12,6
21-25 år	7,9	11,7	19,8	13,6	9,8	238,8	19,4
16-20 år	14,8	11,7	22,0	12,8	74,3	0,3	18,0
31-35 år	14,8	20,2	19,7	16,7	25,6	43,8	19,6
36-40 år	9,4	17,3	27,3	13,4	12,9	35,4	17,4
41-45 år	14,7	20,4	21,3	17,2	16,8	13,4	18,5
46-50 år	14,7	18,6	22,3	33,9	11,4	14,9	20,3
51-55 år	12,9	21,5	18,7	14,9	21,2	17,4	17,8
56-60 år	13,7	20,2	22,5	13,8	11,7	1,8	16,8
61-66 år	8,7	12,4	12,7	8,4	8,8	1,1	10,2
67-70 år	2,8	1,6	3,1	6,1	2,1	0,1	3,1
71-75 år	1,0	0,8	4,7	0,3	1,6	1,6	1,8
76-80 år	0,3	1,4	6,7	0,1	0,0	0,3	2,0
81-85 år	0,0	0,1	0,2	0,1	-	-	0,1
96-90 år	0,0	-	0,1	-	-	-	0,0
91-100 år	-	-	-	-	-	-	-
100+ år	-	-	-	-	-	-	-
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Kvinner totalt	8,3	8,1	10,4	8,7	6,6	5,1	8,6
13-15 år	5,8	4,1	9,1	5,6	10,6	5,5	6,6
16-20 år	9,8	14,5	13,3	16,8	12,7	10,5	13,7
21-25 år	7,0	8,7	18,1	8,1	8,8	-	10,0
16-20 år	11,8	9,2	11,4	6,3	11,4	11,6	10,3
31-35 år	19,3	8,6	9,7	13,4	5,8	1,0	12,0
36-40 år	6,9	9,6	14,3	6,0	2,2	8,6	9,2
41-45 år	9,8	11,6	14,1	11,8	8,4	7,1	11,5
46-50 år	10,0	11,2	12,7	12,5	6,1	11,1	11,1
51-55 år	8,9	10,2	15,3	14,3	10,6	3,1	11,9
56-60 år	7,8	8,0	11,0	9,4	7,6	0,6	8,8
61-66 år	4,3	5,5	5,4	6,1	3,4	3,2	5,1
67-70 år	1,0	0,9	0,8	0,4	1,9	-	0,9
71-75 år	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	-	0,2
76-80 år	0,2	0,2	0,0	-	-	-	0,1
81-85 år	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0
96-90 år	-	-	-	-	-	-	-
91-100 år	-	-	-	0,2	-	-	0,0
100+ år	-	-	-	-	-	-	-

Tabell B.3

Gjennomsnittlig daglig reiselengde med reisehensikt 3 i RVU 2013/14							
Totalt	2,5	3,1	3,6	3,5	8,1	2,9	3,6
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Menn totalt	3,6	4,2	5,4	5,0	12,2	3,5	5,2
13-15 år	0,0	0,1	0,1	-	6,2	-	0,8
16-20 år	-	2,7	1,4	0,2	-	-	1,1
21-25 år	3,8	2,2	4,2	2,5	1,8	5,9	3,2
16-20 år	2,7	2,9	5,8	1,8	0,7	-	3,2
31-35 år	6,8	3,3	5,0	4,1	80,5	-	9,9
36-40 år	4,8	3,3	10,6	9,2	0,2	0,7	6,1
41-45 år	3,5	11,8	8,2	18,1	52,3	0,1	13,6
46-50 år	7,8	6,5	7,2	25,3	1,1	5,9	9,4
51-55 år	1,9	5,6	8,5	4,6	0,1	22,8	5,7
56-60 år	4,6	10,1	10,8	3,4	15,1	0,1	8,2
61-66 år	1,6	3,8	6,7	1,2	7,5	1,1	4,0
67-70 år	7,0	1,8	0,9	0,7	0,1	0,9	2,0
71-75 år	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	-	0,2
76-80 år	0,1	0,5	0,0	0,0	-	-	0,1
81-85 år	0,0	0,0	-	0,1	-	-	0,0
96-90 år	-	-	-	-	-	-	-
91-100 år	-	-	-	-	-	-	-
100+ år	-	-	-	-	-	-	-
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Kvinner totalt	1,5	2,0	1,7	1,9	3,5	2,1	1,9
13-15 år	-	0,0	0,0	0,0	-	-	0,0
16-20 år	0,4	0,3	0,7	0,1	0,5	-	0,4
21-25 år	1,0	1,7	1,0	2,6	0,8	-	1,5
16-20 år	1,3	3,4	2,0	2,5	0,5	-	2,1
31-35 år	0,6	1,7	1,0	2,8	0,4	-	1,3
36-40 år	2,3	2,5	3,5	2,4	8,9	1,0	3,1
41-45 år	0,6	4,2	2,6	7,0	28,5	4,0	5,3
46-50 år	2,1	4,2	2,0	1,2	0,9	13,0	2,7
51-55 år	2,7	1,1	4,4	2,9	1,9	0,1	2,6
56-60 år	6,3	4,7	2,0	1,0	0,9	-	3,2
61-66 år	0,4	0,7	0,5	0,3	0,1	-	0,5
67-70 år	4,5	0,1	0,6	0,0	-	-	1,0
71-75 år	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0
76-80 år	0,0	-	0,0	-	-	-	0,0
81-85 år	-	-	0,0	-	-	-	0,0
96-90 år	-	-	-	-	-	-	-
91-100 år	-	-	-	-	-	-	-
100+ år	-	-	-	-	-	-	-

Tabell B.4

Gjennomsnittlig daglig reiselengde med reisehensikt 4-8 i RVU 2013/14							
Totalt	26,5	28,1	29,8	33,0	34,2	49,6	30,3
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Menn totalt	28,6	29,0	30,8	34,5	34,9	63,3	32,2
13-15 år	30,8	24,0	18,6	32,5	22,9	8,8	24,8
16-20 år	20,4	23,4	24,6	25,8	19,0	48,2	24,5
21-25 år	33,0	31,1	21,1	48,2	25,1	7,5	31,0
16-20 år	23,4	29,6	34,4	40,9	18,1	12,3	30,3
31-35 år	22,7	23,6	24,6	19,8	77,4	41,2	27,5
36-40 år	26,0	25,9	25,6	32,8	27,6	554,5	34,8
41-45 år	26,7	30,1	33,3	25,7	70,2	60,8	33,4
46-50 år	20,2	29,7	35,4	52,7	77,5	96,8	40,9
51-55 år	36,5	26,1	38,3	29,9	24,8	42,2	32,4
56-60 år	32,3	33,7	37,7	37,1	16,5	47,0	33,8
61-66 år	33,1	35,3	38,4	40,0	37,1	35,5	37,0
67-70 år	49,5	35,1	37,4	25,1	21,2	31,5	34,2
71-75 år	31,4	43,2	30,4	43,0	10,0	201,7	39,1
76-80 år	27,4	22,4	30,7	32,8	32,5	16,2	28,5
81-85 år	33,8	15,2	28,6	8,9	3,7	-	19,9
96-90 år	35,0	19,4	15,4	11,8	34,6	-	21,0
91-100 år	-	10,0	-	4,3	-	-	4,0
100+ år	-	-	-	-	-	-	-
	Sentralitet 1	Sentralitet 2	Sentralitet 3	Sentralitet 4	Sentralitet 5	Sentralitet 6	Hele landet
Kvinner totalt	24,5	27,3	28,8	31,3	33,3	30,1	28,4
13-15 år	13,3	23,9	22,0	19,6	46,7	4,8	23,0
16-20 år	18,4	24,1	17,9	17,7	28,3	21,5	20,2
21-25 år	17,5	25,6	32,7	22,9	14,7	0,2	23,4
16-20 år	27,4	26,9	35,2	28,1	26,6	17,5	28,8
31-35 år	26,6	35,5	32,0	46,7	44,0	29,4	34,9
36-40 år	28,3	28,4	27,3	36,8	47,5	100,3	32,8
41-45 år	24,0	28,0	29,9	33,3	42,3	21,7	29,5
46-50 år	26,6	28,4	33,5	48,0	35,2	29,0	33,6
51-55 år	25,5	32,5	32,2	25,1	44,2	23,3	30,4
56-60 år	21,5	27,2	32,4	38,4	39,2	14,1	30,1
61-66 år	28,8	25,2	30,6	38,8	24,5	17,5	29,7
67-70 år	45,5	30,9	27,8	29,9	18,3	42,2	31,6
71-75 år	23,3	24,5	25,4	28,4	16,9	48,9	26,0
76-80 år	16,3	19,3	23,9	17,7	29,7	2,0	20,1
81-85 år	13,5	9,3	11,0	17,7	34,0	-	14,1
96-90 år	7,2	21,1	2,1	5,9	-	-	6,9
91-100 år	1,8	2,4	5,3	1,1	-	-	2,9
100+ år	-	-	-	-	-	-	-

Transportøkonomisk institutt (TØI)

Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel på internett og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningssenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transporter og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:
Transportøkonomisk institutt
Gaustadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no