
RAPPORT

12 601 904

Analys- och modellverktyg i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, Utr 2018/39 Del 2: Internationell utblick

Henrik Edwards



2019-06-10

SWECO SOCIETY AB

Trafikanalys

Sammanfattning

Föreliggande rapport avser en internationell utblick avseende hur transportmyndigheter i olika länder planerar att utveckla sina transport- och kalkylmodeller avseende person- och godstransporter. Bakgrunden är del 1 av detta projekt, se Skoglund m fl [2019], som analyserar hur Trafikverkets prognos och samhällsekonomiska kalkylsystem behöver utvecklas för att fungera i en framtid med en stor andel uppkopplade, självkörande fordon i transportsystemet. Primärt gäller studien vägfordon men det finns naturligtvis stora möjligheter till automatisering inom andra trafikslag som järnväg, sjöfart och flygtrafik. Mycket finns redan i drift inom sjöfart och flyg. Uppdraget är baserat på ett regeringsuppdrag till Trafikanalys att

Redovisa vilka analys- och modellverktyg som behövs framöver för att analysera och prognosticera utvecklingen av dessa fordon, farkoster och system men också vilka nya krav som ställs på modeller och planeringsverktyg.¹

För persontransporter förväntas stora effekter med större valmöjligheter, lägre kostnader och enkel access till användning av egna eller delade fordon som kan beställas på nätet av företag som tillhandahåller flottor av självkörande fordon.

I prognosmodeller för persontransporter kommer antalet färdstätt att utökas, vilket dels måste hanteras rent tekniskt, men också kräver nya observationer av beteenden för att beskriva hur resenärerna reagerar på de nya förutsättningarna.

Mycket arbete har lagts ner på att studera hur kapaciteten i transportsystemet kommer att påverkas. Det finns faktorer som reducerar kapaciteten och faktorer som ökar den. Exempel på reducerande faktorer är säkerhetsaspekter och regelefterlevnad. Ökande faktorer är till exempel snabbare reaktioner vid trafiksignaler och mer följsam körning.

En förväntad effekt är att trafikarbetet ökar på grund av den ökade tillgängligheten och de nya transportmöjligheterna. Det är naturligtvis ett problem att trängseln ökar, något som åtminstone delvis kan motverkas med en bättre trafikstyrning och kapacitetshöjningar.

För godstransporter bedöms den stora effekten bli att transporter med lastbil blir kostnadseffektivare. Automatiseringen förväntas medföra lägre kostnader på grund av att antalet förare kan reduceras, eller undvikas helt och hållet. Dels minskar kostnaden per tidsenhet, dels kan utnyttjandegraden (antal timmar per dag) utökas utan krav på vilotid för förarna. Den avancerade elektroniken och sensorerna som krävs bidrar sannolikt till ökade fordonskostnader, men om förarhytter inte behövs i samma utsträckning som tidigare så reducerar det kostnaderna. Totalt sett beräknas kostnadsförändringarna balansera ut varandra, åtminstone delvis. I våra nuvarande godsmodeller blir det en utmaning att beskriva de nya kostnaderna och förutsättningarna på ett lämpligt sätt.

¹ Länk till regeringsuppdraget:

<https://www.trafa.se/globalassets/styrdokument/regeringsuppdrag/2018/uppdrag-att-analyseraframtidens-utmaningar-inom-transportsystemet.pdf>

Generellt sett gäller samma förhållanden för transportmyndigheter i olika länder som i Sverige, nämligen att en anpassning av de strategiska transportmodellerna till nya förutsättningar ännu inte påbörjats. Orsakerna är att observationer om betende-förändringar, kostnadsbilder, restidssamband och liknande ännu saknas. Centralt är naturligtvis att vi än så länge endast är i början på en utveckling som kan leda till en betydande andel självkörande fordon i våra trafikmiljöer.

I flera länder, ex vis USA och Nederländerna, förekommer det att transportmyndigheterna formulerar problemställningar av intresse så att studerande på universitet och högskolor (master och doktorandnivå) kan arbeta med dem. USA förefaller ha kommit längst på området med sin **Open Source Application Development Portal** (OSADP), se vidare kapitel 2.7. OSADP är en webbaserad portal som ger tillgång till och stöder samarbete, utveckling och användning av ITS-relaterade applikationer med öppen källkod. OSADP har lagt till ett antal ITS och Active Transport and Demand Management (ATDM) - relaterade applikationer som är tillgängliga gratis för allmänheten. OSADP finns på <http://itsforge.net/>.

Behovet från myndigheternas sida att hantera den troliga utvecklingen diskuteras i rapporter från bland annat USA och Schweiz. Några delar redovisas i punkterna nedan, och fler detaljer finns även i del 1 av detta projekt som beskriver det arbete som är investerat i NCHRP-programmet (National Corporate Highway Research Programme).

1. Många satsningsområden omfattar forskning och analys av oförutsedda konsekvenser, som bland annat inkluderar omfattande samhällsekonomiska modeller och kalkyler (CBA).
2. Utvecklade tekniker kan användas för att föreslå rutter och hastigheter till förare, bl a för att undvika chockvågor i trafiken vid störningar. Kommunikation mellan fordon och mellan fordon och trafikledningscentraler kan användas för minimera fördröjningar och luftföroreningar. Nya algoritmer behöver utvecklas för att styra hastighet och ruttval för individuella fordon.
3. Infrastrukturen kan också ändras digitalt, ex vis genom dynamisk reversering av körfält för att tillmötesgå kapacitetsbehov i den mest krävande rikningen.
4. Alternativkostnaden, tidsvärdet, för att resa med ett självkörande fordon förändras när resenärerna kan använda tiden till annat än själva körningen.
5. Ett ITS-initiativ kan vara att skapa en kostnadsfri, grafisk vägtrafiksimulator för att låta allmänheten, studenter och forskare bygga trafikmodeller för att styra/simulera trafiken där man själv är verksam. Tävlingar i skolor om att bygga den bästa modellen kan utlysas. På sikt kan detta stimulera till en karriär inom området.

I England har scenarier skapats för den nationella prognosmodellen för att studera potentiella effekter av en stor andel själv-körande fordon i trafiksystemet. Indata har manipulerats på olika sätt för att avspegla samåkning, tillgång till bil för fler resenärskategorier, med mera. Resultaten från analyserna indikerar att effekterna kan bli allt från en måttlig ökning av trafikmängderna till en mycket kraftig ökning (+71 %).

Liknande resultat med kraftiga trafikökningar har erhållits i 6 andra städer runt om i världen, bland annat i Oslo. I Oslo har analyser genomförts med en specialversion av mikrosimuleringsmodellen VISSIM, där man har kombinerat antaganden om samåkning, storlek på fordonsflotta och överflyttning från kollektivtrafik till resor i mindre fordon.

I vissa scenarier har resultatet blivit ett minskat trafikarbete, men det förutsätter en högre grad av samåkning och att nuvarande kollektivresenärer stannar där de är.

Övriga satsningar avseende modellering av transporter med självkörande fordon som har genomförts avser exempelvis

- Kapacitet i signalreglerade korsningar
- Kolonnkörning med lastbil
- Godstransportöverflyttning från järnväg till väg

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Internationell utblick avseende modellering för självkörande fordon	2
2.1	England	5
2.2	Norge	8
2.3	Danmark	10
2.4	Nederländerna	11
2.5	Tyskland	12
2.6	Belgien	13
2.7	USA	14
2.8	Schweiz	17
2.9	OECD	20
2.10	Frankrike	21
2.11	EU	21
3	Slutsatser	23
4	Referenser	25
5	Bilaga 1: Kontakter	28
6	Bilaga 2: Intervjuresultat	29

1 Inledning

När man blickar framåt inom området uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon ser man ett antal möjligheter för utveckling på kort till medellång sikt avseende såväl teknik som lagstiftning och beteendeförändringar. Utifrån ett huvudsakligt scenario med fullt uppkopplade, samverkande och självkörande fordon har vi i del 1 av detta uppdrag identifierat de aspekter som framför allt påverkar de studerade modellerna. Exempel på aspekter med inverkan på modellerna är bilinnehav, fordonens hastighet, vägslitage och kapacitet i vägnätet. En analys har gjorts avseende hur dessa aspekter påverkas av framtidsscenario, liksom om nya frågeställningar kan uppkomma som är svåra att hantera med nuvarande analys- och modellverktyg. Analysen har baserats på intervjuer med experter i Sverige, liksom rapporter inom ämnet. Utifrån de identifierade egenskaperna som påverkas, har ett antal förslag presenterats på anpassningar i dagens modeller.

I denna del redovisas hur länder, som arbetar med modeller på samma sätt som Sverige, arbetar med att förbereda de samhällsekonomiska analysmodellerna för en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon och system.

En enkät har genomförts med experter, konsulter och forskare inom området enligt kontaktlista i Bilaga 1. Vi har sökt dessa med e-mail med en förfrågan om att delta i en intervju eller svara på en kort enkät om detta.

Vi har även sökt information via Trafikverkets motsvarigheter i andra länder enligt förteckningen som finns på länken

<https://www.trafikverket.se/tjanster/publikationer-och-styrande-dokument/Biblioteket/Transportmyndigheter-och-infrastrukturhallare/>

I kapitel 2 sammanfattas resultat från de olika länder som samlats in via kontakterna enligt ovan.

Akronymer

CAV = självkörande fordon (Connected Automatic Self-Driving Vehicle)

MaaS = Mobility as a Service

KPI = Key Performance Indicator (nyckelvärde)

ITS = Intelligent Transportation System

PTV = ett företag i Tyskland med flera länder som marknadsför transport-modelleringsprogram för både makro- och mikromodeller (bl a VISUM och VISSIM)

VISUM = modellen används av bl a ett antal kommuner i Sverige och av SL i Stockholm för strategisk modellering (jämviktsmodeller för bil- och kollektivtrafik).

VISSIM = används för mikrosimulering av trafik av många konsulter inom trafikanalysområdet

NCHRP = National Corporate Highway Research Program

2 Internationell utblick avseende modellering för självkörande fordon

I detta kapitel presenteras resultat från kontakter med olika personer inom transportmodellområdet i Europa och USA, dels i form av intervjuer, dels via information via e-mail och länkar till relevant dokumentation. Detta har kompletterats med sökningar via olika transportmyndigheters hemsidor för ytterligare information.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

En prognosmodell för person- eller godstransporter måste ge rimliga resultat för de olika förutsättningar man vill studera och jämföra med varandra. Givet att sådana modeller finns, är det sedan möjligt att göra samhällsekonomiska kalkyler och värdera skillnader mellan olika framtida scenarier.

Prognosmodeller och associerade samhällsekonomiska modeller som Trafikverket använder baseras på etablerade effektsamband avseende person- och godstransporter och beteenden och samband grundade i resvaneundersökningar och varuflödesundersökningar. Modellerna innehåller socioekonomiska data avseende inkomster, bostäder, arbetsplatser, bilinnehav, nätverk för bil- och kollektivtrafik med mera. Det ger möjlighet att göra analyser av såväl policyförändringar som infrastrukturåtgärder på en ganska detaljerad nivå. Trafikverkets samhällsekonomiska modeller är konstruerade för samhällsekonomiska kalkyler som ger resultat avseende skillnader mellan utgångsläget JA (jämförelsealternativ) och respektive studerat scenario UA (utredningsalternativ). Resultaten från kalkylen avser bland annat:

1. Producentöverskott. Huvudsakligen skillnader avseende biljettintäkter och trafikeringskostnader för kollektivtrafik
2. Budgeteffekter för staten. Moms och skattepåverkan
3. Konsumentöverskott. Förändringar i generaliserad kostnad för resor och transporter.
4. Externa effekter. Skillnader i miljöeffekter (emissioner till luft) och kostnader för trafikolyckor
5. Drift och Underhåll. Skillnader i drift och underhållskostnader för infrastrukturhållare

För konstruktion av modeller enligt ovan krävs uppgifter om en mängd olika faktorer och effektsamband enligt listan nedan, och det är helt enkelt så att vi inte har tillräckligt bra uppfattning om hur framtiden kommer att påverka alla dessa faktorer. Även med den utveckling som varit de senaste decennierna, med relativt stabila förutsättningar, har det ibland varit betydande avvikelser mellan gjorda prognoser och faktiska utfall. De kommande decennierna förväntas större osäkerheter om vilka förutsättningar som kommer att gälla. Det är sannolikt därför som man i de amerikanska studierna inom NCHRP har pekat på behovet av att göra scenarioanalyser avseende hur framtiden kan gestalta sig för att vara förberedd på, och kunna vidta lämpliga åtgärder för att styra utvecklingen åt rätt håll.

- a. Tidsvärden
- b. Kostnader o prestanda för olika resmöjligheter.
- c. Statistik avseende resor med olika färdmedel
- d. Kollektivtransporter (biljettpriser, alternativ, matartrafik)
- e. Trafiknätverk för biltrafik och kollektivtrafik
- f. Bilinnehav (egen bil, MaaS)
- g. Kapacitet
- h. Restid / Trängsel
- i. Res- och transportkostnader
- j. Reseefterfrågan. Ekonomisk utveckling.
- k. Inverkan på trafiksäkerhet (specifika värden * volym)
- l. Inverkan på miljö (specifika värden * volym)
- m. Privat / Kollektiv / Kombinationer
- n. Godstransporter lastbil avsevärt effektivare. Lägre tids- och avståndskostnader.
Ej vilotid
- o. Godsmodeller. Val av transportlösningar
- p. ...

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl:

Det finns andra, mer övergripande, aspekter som kan sammanfattas under begreppen

- A. Stadsplanering (tätortsutbredning)
- B. Privata / Kollektiva transportlösningar
- C. Wider economic benefits
- D. Miljö mm

I en framtid med självkörande fordon som är tillgängliga för allt fler (givet en positiv ekonomisk utveckling och effektiviseringar) är det sannolikt att trafikarbetet på väg kommer att öka kraftigt, och till stor del motverka förväntade kapacitetsförbättringar, med ökande trängsel som resultat. I ett sådant scenario är det viktigt att planera städerna så att utvecklingen leder till en fungerande mobilitet, vilket bl a skulle kunna innebära ett mer restriktivt förhållningssätt till individuella resor i personbilar, till förmån för kollektivtrafik, gång och cykel. Med färre personbilar såväl i trafik, som parkerade, i centrala stadsområden blir det möjligt att utveckla staden med fler bostäder, grönområden och näringsverksamhet. Det kan leda till förbättrade stadsmiljöer (mer grönytor, färre parkeringsutrymmen, mindre biltrafik) och ökade fastighetsvärden.

En reducerad biltrafik i stadskärnor för att erhålla förbättrade, hållbara stadsmiljöer kräver någon form av effektiva, kollektiva transporter. Den kommande utvecklingen kan ställa krav på sådana lösningar vilket kräver ett mer övergripande angreppssätt än vad traditionella analysmodeller är utvecklade för. Tekniken med självkörande fordon är ju något som med fördel kan användas för kollektivtrafiken som körs på väldefinierade linjer och där automatiseringen kan förväntas leda till väsentligt lägre driftskostnader (mindre

eller inga förarkostnader). Det ökar i sin tur möjligheterna att vidmakthålla ett stort trafikutbud med hög tillgänglighet.

För att åstadkomma de eftersträlvade positiva effekterna som diskuteras ovan har det för många länder påtalats behovet av att politiker och beslutsfattare förbereder sig och analyserar vad framtiden kan innebära på transportområdet. Det finns stora möjligheter för dem att påverka. Offentlig sektor hanterar transportsektorn med regelverk för fordon och deras framförande, bygger och underhåller infrastruktur, tillhandahåller subventionerad kollektivtrafik, tar in skattemedel för fordonsinnehav, bränslekonsumtion och infrastrukturnyttjande (väg- och bro-avgifter, banavgifter, farledsavgifter, parkeringsavgifter), påverkar via skattesystemet ex vis kostnaderna för arbetsresor, med mera. Inom ramen för detta system finns det många möjligheter att påverka transportsystemet med hjälp av bland annat ekonomiska styrmedel, regelverk och kollektivtransportsystem av olika slag för att motverka negativa effekter av förväntade ökade trafikvolymerna och trängsel. Några exempel är:

- Trängselskatterna i bl a Stockholm, Göteborg, Oslo, London, Singapore, Milano, Valletta
- Skattekompensationsregler för arbetsresor (Sverige)
- Samåkningssystem med ekonomisk kompensation för förare och "trygghetsskapande" mobiltelefon-app (Karos-systemet, Paris)
- Centrala zoner i städer som är bilfria
- Effektiva kollektivtrafiksystem som ex vis BRT (Bus Rapid Transit). Curitiba, Brasilien. Ett koncept som kopierats i över 200 städer enligt SvD 2019-08-11.

En utveckling av stadsmiljön enligt ovan kan förväntas leda till effekter som hänförs till området *wider economic benefits* som omfattar regionala effekter (agglomerations-effekter²). Generellt sett krävs en särskild motivering för att inkludera dessa effekter i de samhällsekonomiska kalkylerna på grund av risken för dubbelräkning. I de fall det är motiverat kan det handla om avsevärda bidrag i form av fler arbetstillfällen och högre inkomster.

² Inom ekonomisk teori framhålls regioners inifrån kommande drivkrafter till ekonomisk tillväxt som betydelsefulla. En regions utveckling förväntas bero på den egna marknadens storlek, vilket beror på att tilltagande skalavkastning och efterfrågan på produktvariation fungerar som drivkrafter för såväl ekonomisk tillväxt som befolkningsutveckling. Själva hörnstenen inom denna teoribildning är att stora marknader har konkurrensfördelar eftersom de lockar till sig företag vars produktion kännetecknas av stordriftsfördelar. Såvida inte trängseleffekter, i form av exempelvis höga fastighetspriser, urholkar attraktionskraften hos den större marknaden lockas också hushåll och arbetskraft av den variationsrikedom i utbud som större marknader kan erbjuda. På detta sätt uppstår ett ömsesidigt förstärkande utvecklingsförlopp, agglomerationsekonomi, som driver på tillväxten hos de större regionerna. Detta förklarar varför städer och storstadsregioner, med sin täthet, mångfald och tillgänglighet till befolkning och ekonomiska aktiviteter stimulerar ekonomisk tillväxt. [Källa: Jordbruksverket \(\): Hållbar samhällsutveckling, vad innebär det? Rapport 2012:40](#)

Resultat

Undersökningens resultat för traditionella transportmodeller visar att utvecklingsarbetet för att ta fram sådana modeller i princip inte påbörjats. Endast inom begränsade områden, främst inom mikrosimulering, har man arbetat med att studera effekterna med antaganden om olika framtida förutsättningar. Det här övergripande resultatet överensstämmer med observationerna från del 1 i detta projekt, se Skoglund m fl [2019].

Beträffande mer övergripande modeller har behovet av sådana påtalats, främst av NCHRP. I någon mening kan man säga att steg i den riktningen tagits genom att göra långtgående antaganden om vad utvecklingen kan komma att innebära, för att sedan simulera vilka resultat befintliga modeller ger med sådana utvecklings- och beteende-antaganden. Resultaten kan sammanfattas som:

1. Tekniken med självkörande fordon förbättrar kapacitet och trafiksäkerhet, allt annat lika.
2. Risken är överhängande att ökad tillgänglighet till transporter kommer att leda till ökade trafikvolym, som kan förvärra trängselrelaterade problem i trafiken.

2.1 England

Via Adam Jones fick vi denna länk avseende utvecklingen på området i Storbritannien <https://www.gov.uk/government/publications/national-transport-model-implementation-report>. Adam leder en grupp som arbetar med strategiska prognoser avseende vägtrafik på Department for Transport.

I rapporten Department for Transport [2018a] presenteras i kapitel 5 hur ett antal scenarier avseende självkörande fordon kan tänkas påverka framtidens transporter. Sammanfattningsvis beskrivs arbetet enligt citatet nedan (i översättning).

Vi är potentiellt i början av en djupgående förändring i hur vi flyttar runt människor, varor och tjänster. Detta drivs av tekniska innovationer, teknikutveckling och affärsmodeller. Nya marknadsaktörer och affärsmodeller, som tågservice, fordonsdelning och rörlighet som en tjänst utmanar våra antaganden om hur vi reser. Det saknas erfarenhet och data för att vi ska kunna förstå vilka konsekvenser detta har och kan ha på resande, resmönster och trafikvolym.

Det är oklart hur långt vår befintliga förståelse av efterfrågans drivkrafter kommer att fortsätta att gälla. I ett försök att ta itu med detta har vi genomfört en första undersökande analys av hur introduktionen av uppkopplade, autonoma fordon (CAV) kan påverka utbud och efterfrågan genom att simulera effekterna med parametrar och indata i befintliga modeller.

Medan vi har fokuserat på transportteknik i denna analys är det rimligt att substitutionsteknik (som gör det möjligt för en individ att välja bort resan), teknik som indirekt påverkar efterfrågan på resor genom att påverka socialt beteende eller andra (ännu inte kända) tekniska innovationer kan framträda som också väsentligen kan påverka efterfrågan på vägtrafik.

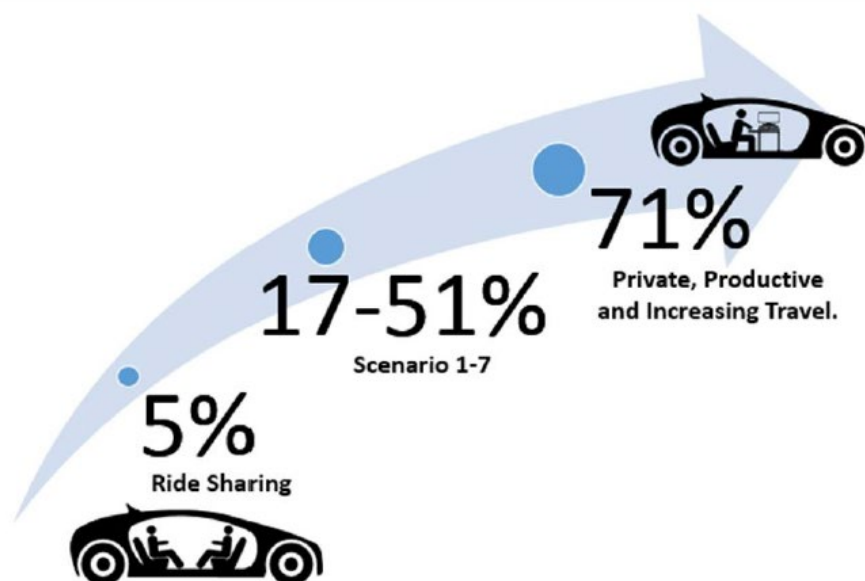
Syftet med analysen som presenteras här är inte att förutse hur CAV: er kommer att påverka efterfrågan, utan för att bättre förstå vilka aspekter av dessa nya teknologinivåer som trafiken är mest känslig för. Detta kommer att användas för att prioritera vår framtida forskning.

Denna analys utgör också en del av vårt bredare tänkande om utvecklingen i fråga, som är föremål för Future of Mobility Grand Challenge³, som lanserades som en del av regeringens industriella strategi. Mobilitetsprogrammets framtid syftar till att etablera Storbritannien som världsledande inom transportinnovation. Som en del av detta kommer en framtida strategi för urban mobilitet att offentliggöras senast 2018. Vid analys av de potentiella effekterna av teknik vid transport kan effekterna delas in i:

1. Inverkan på efterfrågesidan: när tekniken orsakar förändringar i resande, resmönster och trafikvolym. Till exempel förändras transaktionskostnaderna för att hyra en taxi, dela en bil eller dela en långdistansresa radikalt med nya mobilitetstjänster, vilket också kan påverka efterfrågan på vägtrafik och variabler som påverkar nätverket, såsom fordonens belägningsgrad.
2. Inverkan på utbudet: när tekniken påverkar transportalternativen som är tillgängliga för människor, hur mycket de kostar eller deras kvalitet. CAV-teknikerna kan till exempel möjliggöra en mjukare kördynamik, minskade chockvågor i trafiken och förbättra det totala trafikflödet. Detta skulle medföra en ökning av nätets effektiva kapacitet. Det finns också en potentiell andra ordningens påverkan på efterfrågan om en minskning av trängseln förbättrar restider och reseupplevelser, vilket i sin tur leder till att efterfrågan på resor ökar.

I analyserna som genomförts studeras potentiella förändringar i mobilitet (här tillgång till transporttjänst för fler), andra tidsvärden, belägningsgrad/ samåkning (även med okända), tomkörande fordon, kapacitetspåverkan med självkörande fordon med mera. Man har antagit att teknologin utvecklas snabbt och når hög implementeringsgrad år 2050. Nuvarande trafikmodeller har använts och man har manipulerat indata avseende kostnader, tidsvärden, belägningsgrad, etcetera för att simulera förväntade effekter med ny teknik. Resultaten sammanfattas i Figur 2.1. Inverkan kan bli mycket stor. Med samåkning ger analyserna en blygsam tillväxt på endast 5 % mellan 2015 och 2040.

³ 5 <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-strategy-building-a-britain-fit-for-the-future>



Figur 2.1 Exempel på trafiktillväxtresultat 2015-2040 från några scenarier i Storbritannien. Scenario 1 = Referens. Källa: Department for Transport [2018a].

Rapporterna är framtagna inom satsningen **Future of Urban Mobility Strategy** av Department for Transport [2018b,c].

Status för modellen, uppdaterad till år 2015, beskrivs i Atkins [2018]. Förutsättningar och resultat avseende 7 olika scenarier presenteras i varsin excel-fil.

Slutsatser avseende förutsättningar för framtidens transporter beskrivs i Department for Transport [2018d]. Den framtida sättet att resa förefaller extra svårt att uttala sig om idag, till stor del på grund av en kombination av teknisk och beteenderelaterad osäkerhet. Vi måste utveckla vår förståelse för framväxande och framtida tekniker som i grunden kan förändra transportmarknaden. Dessa inkluderar effekterna av autonoma fordon, rörlighet som tjänst och elfordon. På beteendessidan måste vi bättre förstå trender inklusive ungdomars resebeteende, effekterna av en åldrande befolkning, flexibelt arbete och online-shopping. Vi behöver också bättre verktyg för att fånga och kommunicera osäkerhet till beslutsfattare, inklusive utveckling och användning av scenarier.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna, utan genomförda scenarioanalyser är gjorda medelst manipulation av befintlig prognosmodell. Samhällsekonomiska effekter är inte beräknade, men mycket underlag finns från de olika scenarierna.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

2.2 Norge

Via Inger Beate Hovi på TÖI fick vi kontakt med Stefan Flügel, även han på TÖI. Den genomförda intervjun redovisas i eget dokument enligt Bilaga 2. Stefan har deltagit i en tidsvärdestudie som visar på olika tidsvärden med dagens förutsättningar och lägre tidsvärden för en framtid där resor kan göras med självkörande fordon. Tidsvärdena varierar också beroende på förutsättningar för samåkning.

När det gäller strategiska modeller och samhällsekonomi känner Stefan inte till någon pågående utveckling. NTP (Nasjonal transportplan, Statens Vegvesen, Norge) har inte svarat på förfrågan om eventuell pågående verksamhet på området.

I studien Ruter [2019] behandlas mikrosimulering med en version av PTV:s VISSIM-modell. Modellen möjliggör simulering av MaaS med olika förutsättningar i form av hur många som reser med egna fordon respektive utnyttjar en transporttjänst (med respektive utan delning), samt i vilken utsträckning som det sker en överflyttning från traditionell kollektivtrafik till mer individuella transporttjänster.

Ruter-rapporten sammanfattas nedan. Reseefterfrågan förutsätts vara konstant enligt ett referensscenario för 2020. En synbart egendomlig förutsättning för resultatet är den sista meningen i citatet om att trängseffekter inte påverkar restiden när resultaten erhålls med en mikrosimuleringsmodell.

Ruter-studien är inspirerad av liknande studier i andra städer, särskilt den avseende Lissabon. Olika framtida scenarier för Osloregionen har studerats med en transportmodell utvecklad för att analysera konsekvenserna av autonoma bilar och MaaS-system. I likhet med Lissabonstudien har beräkningarna baserats på det nuvarande transportbehovet. Med kunskap om resorna i Oslo och Akershus har simuleringar gjorts av olika framtidsvisioner med en fullständig implementering av autonoma fordon i en delad flotta, med och utan samåkning. Således kan vi bedöma isolerade effekter av framtida transportsystem och -koncept.

Scenarierna är utformade för att fånga extrema effekter i en framtid där alla bilar är helt automatiserade. Ytterligare analys av mer realistiska scenarier behövs för att ge adekvata verktyg för framtida planering. Denna studie inkluderar till exempel inte ett scenario där autonoma fordon matar stora kollektivtransportstråk som en första och sista deltransport under resorna, något som kan bli vanligt. Behovet av mer vägkapacitet påtalas, men beräkningar av trafiknivåernas påverkan på restid görs inte.

I tabell 2.2 redovisas resultaten för bästa och sämsta utfall i form av bland annat trafikbelastning. Resultatet går från ett reducerat trafikarbete till en mycket kraftig ökning, 97 %, vilket är 26 procentenheter högre än i den brittiska studien. Antalet fordon som krävs i de olika fallen varierar mellan 20 och 56 tusen, vilket visar på spännvidden och osäkerheten i analyserna.

Liknande analyser har gjorts i fem andra städer runt om i världen, i Lissabon, Helsingfors, Dublin, Auckland och Stuttgart.

Slutsatserna från studierna sammanfattas med: Studien bekräftar att framtida lösningar för autonom mobilitet i städer kan ta sig mycket olika former. Varje scenario i analysen kan möjliggöras genom specifika beslut i ett antal offentliga och privata frågor, vilket således bidrar till att skapa en ny verklighet för stadstrafik och utnyttjandet av det offentliga utrymmet. Beroende på hur dessa beslut kommer att forma framtiden i riktning mot ett av de sex scenarierna i studien - eller andra hybridscenarier kombinerade med dessa. Det är uppenbart att påverkan på restid och vilka resurser som används för att tillhandahålla rörlighet kan variera väsentligt och därmed vara föremål för politiskt intresse för att uppnå ambitionen av nolltillväxt för personbilstrafik i stora norska städer.

Tabell 2.2 Sammanfattning av bästa och sämsta utfall från studien

	1b	1b	1b	2a	2a	2a
	From private car to shared taxi	From private car to shared taxi	From private car to shared taxi	From private car, bus and tram to car sharing	From private car, bus and tram to car sharing	From private car, bus and tram to car sharing
Person trips	401,000	401,000	401,000	611,000	611,000	611,000
Share served passengers	100 %	98 %	94 %	100 %	98 %	89 %
Fleet size	26,000	22,000	20,000	56,000	50,000	40,000
Fleet size proportion of basis	7 %	6 %	6 %	16 %	14 %	11 %
Vehicle km (million)	3.7	3.7	3.5	8.6	8.3	7.4
Vehicle km change compared to basis	-14 %	-16 %	-20 %	+97 %	+91 %	+70 %
Mean occupancy – in operation	1.62	1.61	1.62	0.80	0.80	0.80
Average trip distance [km]	12.6	12.6	12.7	11.4	11.3	11.3
Average trip Time – total	20.5	20.7	20.8	18.3	18.5	18.5

Källa: RUTER [2019]

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna. Framåtblickande scenarioanalys har gjorts med mikrosimulering för att få en överblick över vad som kan förväntas. Tidsvärden har estimerats, inklusive effekter av att resa med självkörande fordon.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna. Användningen av mikrosimuleringsmodulen i VISSIM kan anses vara ett litet steg i

riktning mot att använda en mer övergripande modell. Man arbetar med olika scenarier för att skapa en bild av hur det kan komma att se ut i en osäker framtid.

2.3 Danmark

I Ministry for Transport [2018] (Danmark) behandlas uppgiften att inkludera självkörande bilar och allt vad det innebär i de strategiska modellerna. Det konstateras att det krävs uppdateringar av beslutsstödverktyg:

Det är svårt att nu 2019 uppskatta framtidsutsikterna för automatisering och nya affärsmodeller. Detta gäller både hur snabbt de kommer att vara utbredda och för omfattningen av deras konsekvenser. Detta skapar ökad osäkerhet om de långsiktiga fördelarna med investeringar i transportsektorn, vilket bör återspeglas systematiskt och konsekvent i grunden för beslut för framtida projekt.

Teknologiska genombrott och affärsmodeller som förlitar sig på en delningsekonomi kräver en kontinuerlig uppdatering av beslutsstödverktygen i transportsektorn:

- Analysmetoder för ekonomisk utvärdering vidareutvecklas för att möjliggöra konsekvensbedömningar av alternativa scenarier med olika grad av automatisering
- Landstrafikmodellen (den danska nationella trafikmodellen) och andra trafikmodeller bör på motsvarande sätt kunna illustrera de förväntade beteendekonsekvenserna från nya och ändrade transportformer, inklusive nya taxikoncept och förarnas möjlighet att i framtiden utnyttja restiden i självkörande bilar.

Nedanstående förutsättningar, vilka överensstämmer med resultat från del 1 av vår studie och vad som anges i rapporter från andra länder, anges som centrala för den fortsatta utvecklingen. Man förväntar sig en ytterligare ökning av godstransporter på väg som ett resultat av automatiseringen beroende på kraftigt reducerade lönekostnader och körning utan behov av viloperioder. För större städer bedömer man att självkörande bussar och taxi/bilparksföretag kan introduceras före privata självkörande fordon. Vidare funderar man i termer av matartrafik till större kollektivstråk med automatiska fordon för att förbättra kollektivtrafiken.

- Det är osäkert hur avancerade självstyrningsfunktioner måste vara innan föraren verkligen kan använda restiden för andra aktiviteter, och hur mycket det kommer att påverka resbeteenden, ex vis vid arbetspendling
- Å andra sidan kommer det utan tvekan att revolutionera transportsektorn när bilar på lång sikt kommer att vara förarlösa på alla vägar och under alla väderförhållanden. Om bilar kan hämta användare och parkera sig på distans, kommer det att skapa möjligheter för helt nya och oförutsebara sätt att använda bilar. Konsekvenserna på transportbehovet och behovet av att anpassa transportsystemet kan potentiellt vara mycket stora.
- Förarlösa bussar kommer att minska driftskostnaderna betydligt, vilket ger ekonomiskt utrymme som kan överföras till en högre servicenivå (ökat trafikutbud).

- Automatisering av lastbilstransporter kan ge stora kostnadsbesparingar för vägtransporter eftersom förarlöner utgör en stor andel av de totala transportkostnaderna. Förarlösa lastbilar kan också minska leveranstiden över längre avstånd, eftersom bestämmelserna avseende körtid och viloperioder inte behöver beaktas.
- Billigare godstransporter och kortare leveranstider över långa avstånd gör att vägtransporter sannolikt ökar även för traditionella järnvägs- och sjötransporter. Detta kommer troligen främst att gälla i ett europaperspektiv genom förändrade leveranskedjor och lokalisering av terminaler och industriproduktion samt ökad specialisering.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna. Behovet av modellrevisioner påtalas.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

2.4 Nederländerna

Vi har intervjuat Luuk de Vries, som är Project- / Processmanager Smart Mobility i divisionen Transport and Mobility på Sweco i närheten av Utrecht. Han har intresserat sig för möjligheterna som uppstår med självkörande fordon, och speciellt studerat detta med hjälp av mikrosimulering.

Den genomförda intervjun redovisas i eget dokument enligt Bilaga 2. Luuk känner inte till något pågående arbete med strategiska transport- och samhällsekonomimodeller i Nederländerna. Undantagen är att det förekommer att transportmyndigheterna ger fallstudier och problemområden avseende CAV:s till master-studenter och doktorander att arbeta med.

Luuks intresse avser framförallt resultat på mer konkret mikrosimuleringsnivå, se Vries L och Quee J [2018]. De konstaterar att empiri saknas avseende hur transportsystemet kommer att förändras med introduktion av självkörande fordon i stor skala. De har därför i likhet med många andra använt mikrosimuleringsmodeller för att studera några specifika problem.

Table 1: Overview of used tools, application area and output variables (KPI's)

Study	Used Tool	Case Study Area	Output variables
TNO & Arcadis (2018)	Quick Scan Tool	Province of North-Holland	Vehicle km's Modal split Vehicle loss hours
Withagen (2017)	Paramics Microsimulation	Eindhoven	Traffic flow performance (urban level) Vehicle loss hours
Van der Laag (2018)	PTV Vissim Microsimulation	Hoogezand-Sappemeer	Traffic flow performance (local / intersection level) Waiting time, queue length

Luuk har försett oss med två korta mikrosimuleringsfilmer som visar köfördelning efter omslag till grön signal med dagens trafikering respektive en situation med 100 % CAV:s. I princip visar filmerna att kön avvecklas på kortare tid med ett mindre avstånd mellan första och sista fordon i kön. Generellt sett finns det på många håll inom stads- och trafikplanering i Nederländerna ett intresse av att försöka förutse effekterna av den tekniska utvecklingen på området.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna. Mikrosimulering har använts för att studera potentiella effekter i ett antal fallstudier.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

2.5 Tyskland

Professor Gernot Liedtke i Berlin har kontaktats för att eventuellt medverka till en intervju. Han har vidarebefordrat frågor om strategiska modeller till kollegor på institutet kollegor på institutet, DLR Institute of Transport Research. Inga förändringar är på gång avseende samhällsekonomi. Däremot anser han att man har en ganska god uppfattning om mängden inducerad trafik med CAV:s inom godstransportområdet vilket sammanfattas i:

- Minskning av godstransporter på järnväg med 50%
- Ökning av medelavstånden på väg med 10-30 %

Huruvida detta är en bedömning baserad på modellkörning, eller om det avser en expert- eller expertpanel-bedömning av något slag framgår inte. Ett pågående projekt åt förbundsregeringen förväntas bli färdigt om drygt 6 månader (på tyska).

Den tyska förbundsregeringen har, knappast förvånande, förutspått mycket stora effektiviseringseffekter som ett resultat av den förväntade teknikutvecklingen, se Die Bundesregierung [2015]. Åtgärder som förutspås från myndigheternas sida avser:

1. Infrastrukturåtgärder avseende bredbandstäckning.
2. Framtagning av standard för utvecklingen.
3. Lagstiftning avseende självkörande fordon (bl a ökning av max hastighet från 10 till 130 km/h, automatiska körfältsbyten, att ansvaret anses ligga på systemet i vissa situationer)
4. Kontrollfunktioner och godkännandeprocesser för automatiska system.
Digital Motorway Test Bed för att testa, utvärdera och utveckla innovationer
5. Högupplösta digitala kartor
6. Forskning primärt associerad med mobilitetsrelaterad människa-maskin-interface.
7. Tillgång till mobilitets- och spatial data i en open-source lösning i molnet.
8. Tillgång till trafikinformation i realtid vid "DAB+", en digital radio standard.
9. Sammankoppling av trafiksignaler och -information för optimering av trafikflödet.
10. Åtgärder för cybersäkerhet
11. Med mera

Etikfrågor rörande självkörande fordon har behandlats i Ethics Commission Automated and Connected Driving [2017]. Tyskland är ordförandeland i kommissionen. I rapporten följer rekommendationer i en lista med 20 punkter. Mer om detta beskrivs i Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure [2018] och dess många referenser.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

2.6 Belgien

I kommunikation med Erik Vandermeersch⁴ har vi erhållit en PM om en studie kring kolonnkörning i Belgien med en modell utvecklad vid universitetet i Bryssel, se Sweco [2019]. Resultaten indikerar att:

- I Belgien, med korta avstånd mellan motorvägsramper, har studien begränsats till 2 fordon i kolonnerna.

⁴ Erik är konsult på Sweco i Belgien, på division Regional Infrastructure i Bryssel. Hans erfarenhet inom transportområdet sträcker sig från makro- och meso-modellering till simulering med mikromodeller som ex vis VISSIM. Han har även arbetat med simulering av gångtrafik.

- Tekniken bedöms leda till sådan kostnadseffektivitet så att intervention från myndigheterna inte behövs för dess realisering

En visionsstudie från regeringen i Flandern pågår nu (maj 2019).

Beträffande strategiska modeller i Belgien så pågår ingen utveckling för närvarande avseende självkörande fordon. Förväntat är att kommande uppdatering kommer att omfatta mätdata avseende kapacitetsförbättringar för uppdatering av volume-delay-funktioner, i synnerhet för motorvägar som övervakas kontinuerligt. I städerna Antwerpen, Bryssel, Ghent och Mechelen förväntas ett införande av låg-emissions-zoner inom kort, och även där förväntas mätningar av trafikflöden.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna. Mikrosimulering har använts för en kolonnkörningsstudie som indikerar en god ekonomi för detta.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

2.7 USA

Av allt att döma ligger USA långt framme på olika områden när det gäller självkörande fordon, se Skoglund m fl [2019] med många referenser till NCHRP (National Corporate Highway Research Program). Liksom Tyskland har man målsättningen att bli den ledande nationen när det gäller mobilitet, se U.S. Department of Transportation [2018a].

På några ställen i dokumentet U.S. Department of Transportation [2014] tas strategiska modeller upp. Exempel ges i punkterna nedan.

1. Många satsningsområden omfattar forskning och analys av oförutsedda konsekvenser (ex vis avseende cybersäkerhet, att kombinationer av många osäkra variabler i komplexa modeller kan leda till fel investerings- och/eller policybeslut), som bland annat inkluderar omfattande samhällsekonomiska (CBA) modeller och kalkyler. För en utveckling av denna punkt, se kapitel 5 i NCHRP [2018].
2. Utvecklade tekniker kan användas för att föreslå rutter och hastigheter till förare, bl a för att undvika chockvågor i trafiken vid störningar. Kommunikation mellan fordon och mellan fordon och trafikledningscentraler kan användas för minimera fördröjningar och luftföroreningar. Nya algoritmer behöver utvecklas för att styra hastighet och ruttval för individuella fordon.
3. Infrastrukturen kan också ändras digitalt, ex vis genom dynamisk reversering av körfält för att tillmötesgå kapacitetsbehov i den mest krävande riktningen.

4. Alternativkostnaden, tidsvärdet, för att resa med ett självkörande fordon förändras när resenärerna kan använda tiden till annat än själva körningen.
5. Ett ITS-initiativ kan vara att skapa en kostnadsfri, grafisk vägtrafiksimulator för att låta allmänheten, studenter och forskare bygga trafikmodeller för att styra/simulera trafiken där man själv är verksam. Tävlingar i skolor om att bygga den bästa modellen kan utlysas. På sikt kan det stimulera till en karriär inom området.

För uppgiften enligt nummer 5 ovan finns också en portal⁵ med data och program för att arbete och utveckling inom olika områden. För tillgång till portalen krävs att man skaffar sig en inloggningsmöjlighet. Olika utvecklingsområden sammanfattas i figur 2.3. Prototypen Open Source Application Development Portal, eller OSADP, är utformad för att göra det möjligt för intressenter att samarbeta och dela insikter, metoder och källkod om en uppsättning forskningsprojekt sponsrade av USDOT Dynamic Mobility Applications-programmet (DMA). OSADP-insamlingen av projekt omfattar federalt finansierade projekt och avser forskning, utveckling, testning och kommersialisering av enstaka applikationer. Portalen innehåller också uppsättningar av testdata för benchmarking av applikationerna och testprocedurer för dem, samt stödjande dokumentation för körning av testrutinerna.

En översikt över ämnet CAV och vad som händer i USA ges i Andersen [2018]. Där finns också akronymer på olika organisationer som är involverade i utvecklingen av självkörande fordon på olika sätt.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna, men såväl punktlistan som portalen behandlar olika delar som är av intresse för en framtida prognos- och kalkylmodell.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna. Inom NCHRP-programmet betonas dock behovet av att göra olika scenario-/osäkerhetsanalyser för hur framtiden kan se ut så att beslutsfattare ska vara förberedda på de situationer som kan uppstå. Det kan gälla kraftig tillväxt i trafikvolym och trängsel, kraftig ökning av godstransporter på väg, stora behov av parkeringsplatser, cybersäkerhet, problem kring personlig integritet m m.

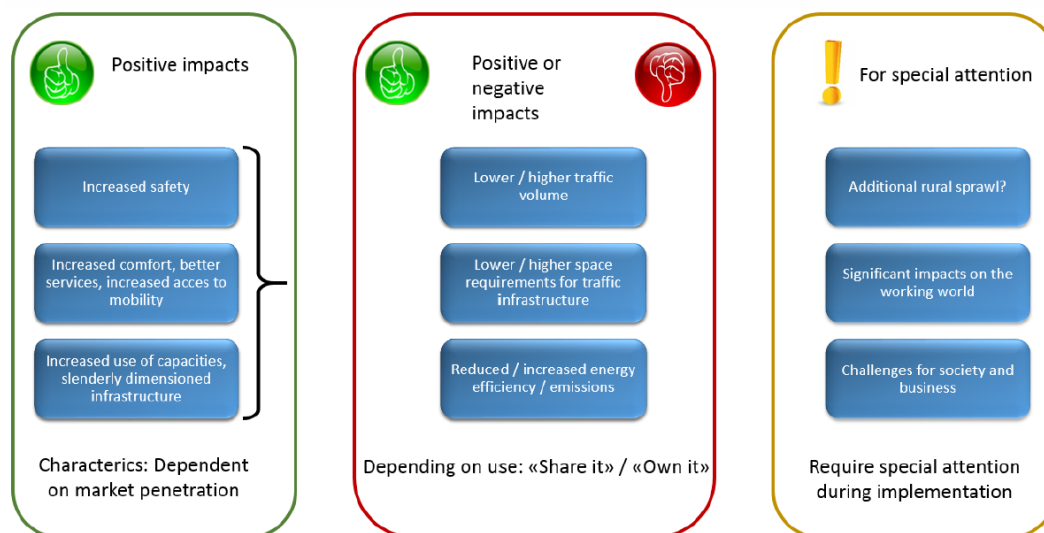
⁵ <https://www.itsforge.net/index.php/community/explore-applications#/43>

	Arterial Management	27
	Collision Avoidance	6
	Collision Notification	7
	Commercial Vehicle Operations	12
	Crash Prevention & Safety	17
	Driver Assistance	21
	Electronic Payment & Pricing	0
	Emergency Management	9
	Freeway Management	26
	Information Management	28
	Intermodal Freight	9
	Road Weather Management	7
	Roadway Operations & Maintenance	11
	Traffic Incident Management	9
	Transit Management	6
	Traveler Information	10

Figur 2.3 Problemområden i den öppna utvecklingsplattformen OSADP.

2.8 Schweiz

I Schweizerische Eidgenossenschaft [2016] behandlas konsekvenser av den kommande utvecklingen för Schweiz. En sammanfattning av för- och nackdelar visas i figur 2.4. Figuren är tagen från kapitel 4 i rapporten som pekar på potentiella utvecklingar i Schweiz, vilka alla är mycket osäkra.



Figur 2.4 Förväntade effekter med den nya tekniken och områden att fokusera extra på. Källa: Schweizerische Eidgenossenschaft [2016], kapitel 4.

Förväntningarna är i princip samma som i andra länder, nämligen:

1. Ökad säkerhet.
2. Ökad kapacitet med befintlig infrastruktur, i synnerhet med 100 % implementering. I stadsmiljöer med många andra trafikanter är det ovisst hur stora kapacitetsförbättringar som kan uppnås.
3. Farhågor finns naturligtvis att trafikvolymerna kan öka väsentligt. Om många åker ensamma i ett fordon, och fordonen dessutom kör själva till parkeringar, eller körs i distributionsrutter med varierande delar tomkörning, kan belägningsgraden till och med bli mindre än 1.0.
4. Man ser möjligheter för kollektivtransporter med den nya tekniken i form av nya kombinationer för samåkning och Mobility-as-a-Service.
5. Risker för att godstransporter flyttas från järnväg till väg (samma bedömning görs i Tyskland).

6. Med digitaliseringen finns en potential i att bygga lättare fordon med svagare motorer än i dag. Tillsammans med en hög grad av samåkning skulle miljöbelastningen minska avsevärt.
7. Energiförbrukningen (per fordonskm) och emissioner förväntas minska, huvudsakligen genom övergång till eldrift eller biobränsle. Konvojkörning med tunga lastbilar uppges kunna reducera energiförbrukningen med upp till 20 %.
8. Utrymme kan sparas genom att designa smalare körfält, smalare parkeringsplatser (utrymme för av- och påstigning behövs inte) och parkeringsplatser utanför stadskärnor. Återigen: Om trafiken ökar kraftigt förbrukas hela, eller delar av, kapacitetsökningarna för att tillgodose trafiktillväxten. Vidare så förhindras en sådan övergång, åtminstone en fullständig (100 %), av att manuell fordonskörning förekommer (såvida den inte förbjuds av trafiksäkerhetsskäl eller motsvarande).
9. Mer utrymme kan tillgodogöras i urbana miljöer, bl a på grund av minskade behov av att reservera plats för parkering och av att bygga parkeringshus/parkeringsplan i fastigheter.
10. Man ser en marknad för nya arbetstillfällen relaterade till mobilitetstjänster, både olika bildelningstjänster och kopplingar till kollektivtrafik.

De möjliga utvecklingstrenderna sammanfattas i figur 2.5. Staden Wien i en av figurens cirklar avser *Vienna Convention on Road Traffic* vilket utgör ett centralt regelverk för vägtrafik. Uppskattningen av de möjliga reduktionerna av trafikstörningar på -70 % och kapacitetshöjning på 500 % förefaller väldigt optimistiska. Att nå väntetider nära 0 förefaller också vara alltför bra, men Schweiz är ju känt för att erbjuda en mycket god punktlighet i sin tågtrafik.



Figur 2.5 Digitaliseringen inverkan - möjligheter och risker. *Källa: Schweizerische Eidgenossenschaft [2016], kapitel 4.*

För att hantera allt som beskrivits ovan betonas behovet av att analysera känslomässiga aspekter kopplade till bilkörning som körglädje, valfrihet, självständighet och avskildhet. Det kan komma att få en betydande inverkan på acceptansen av samåkning i Mobility-as-a-Service lösningar av olika slag. Datasäkerhet är också av intresse här, det stora kravet på datakommunikation innebär också att information om egna transportval hanteras i trafikstyrningssystemen vilket sannolikt kan upplevas som ett hot mot den personliga integriteten. Här markeras dock att för användare av mobiltelefoner är detta redan idag ett faktum, operatörerna kan följa hur anslutna telefoner förflyttas mellan olika mobilmaster.

Som en kontrast mot den snabba tekniska utvecklingen konstateras att myndigheternas planering och införande av infrastruktur kan påverka så att utvecklingen går mycket långsamt. Det är en stor utmaning för den offentliga sektorn att följa med i utvecklingen. Svårast är sannolikt den förväntade blandningen av självkörande fordon med andra trafikanter, bland dessa de som själva kör sina fordon.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

2.9 OECD

Området självkörande fordon behandlas också av OECD. I Smith [2017] analyseras konsekvenser och utmaningar för individer och myndigheter.

Potentiella konsekvenser av tillkomsten av helautomatiska fordon för persontransport har bedömts. En modell med delade användare anses vara att föredra framför en ägar-användarmodell, och den offentliga sektorns intervention anses nödvändig för att säkerställa en framgångsrik integration av självkörande fordon med kollektivtrafik. Mindre vägar mellan motorvägar uppvisar bättre möjligheter än stadsvägar att fånga fordonens potentiella trafik- och säkerhetsfördelar. Självkörande fordons prestanda i ett blandat scenario är mycket beroende av segregering från andra trafikanter, men segregering innebär stora utmaningar avseende tillgänglighet och kostnader. Man betonar att det är riskfyllt att enbart vänta och se vad utvecklingen leder till.

Merat m fl [2017] bedömer att möjligheter till samåkning utgör en nyckel till en framgångsrik övergång till självkörande fordon. Artikeln ger en översikt över de socialpsykologiska faktorer som sannolikt påverkar förtroendet och acceptansen för delade automatiska fordon, SAE Level 4 Automated Vehicles (AV). Det börjar med en kort sammanfattning av vad som påverkar användarnas engagemang i samåkning med konventionella fordon, följt av faktorer som påverkar användarnas acceptans och förtroende för robotsystem. Med hjälp av studier om mänsklig robotinteraktion (HRI), rekommenderas hur användarnas förtroende, acceptans och användning av delade AV:er kan förbättras. Resultat från verkliga studier och on-line undersökningar ger motstridiga åsikter om viljan att acceptera och använda systemen, vilket delvis beror på det faktum att on-line användare saknar faktiska interaktioner med AV:er. Man rekommenderar att vägen till antagande och godkännande av AV:er ska vara inkrementell och iterativ, vilket ger användarna praktisk erfarenhet av systemen i varje steg. Detta tar bort orealistiska, idealiserade förväntningar, som i slutändan kan hämma acceptans. Tillverkarna kan också använda ny teknik, sociala nätverk och crowd-sourcing-tekniker för att få feedback och input direkt från konsumenterna för att öka antagandet och acceptansen av delade AV:er.

Generellt sett påverkas graden av samåkning också av ekonomiska incitament. För svenska förhållanden gäller att ett förslag till ett nytt system för skattemässig hantering av arbetsresor bör påverka samåkningen positivt både för bilresor och kollektivresor. I princip avser förslaget att arbetsresor över 30 km (enkel väg) ger en skattereduktion för avstånden som överstiger 30 km oavsett färdmedel (alltså även för passagerare i personbilar). Enligt den svenska Sampersmodellen kommer det att leda till en minskning av bilresandet och en ökning av kollektivresorna, samt att arbetsresorna blir kortare.

En motsvarande studie som den i Oslo har tidigare genomförts i Lissabon, se OECD [2015]. Där användes en resvanestudie som underlag för att bygga efterfrågemodellen.

För färdmedelsvalet användes en enkel, begränsad, regelbaserad modell. Alla resor under en km definierades ex vis som resor till fots.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna. Framåtblickande scenarioanalys har gjorts med mikrosimulering för att få en överblick över vad som kan förväntas. Det är samma ansats som senare använts även i Oslo.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

2.10 Frankrike

Från UITP-mässan/konferensen i Stockholm (UITP Global Public Transport Summit 2019 - Svensk Kollektivtrafik) presenterades ett framgångsrikt försök i stor-Paris (Ile de France) med en app och en affärsmodell för att hantera säkra, intermodala resor med kollektivtrafik och privata bildelningslösningar. Betalningssystemet är integrerat med det vanliga periodkortet. Se Karos (2019). Det gäller att skapa ett smidigt system, vilket i det här fallet naturligtvis underlättas av att bildelningen i systemet görs med en mängd privata aktörer, och med en stor offentlig finansiär av det offentliga kollektivtransportsystemet som kan dela med sig av intäkterna. De privata "bilpoolerna" drivs naturligtvis inte med sådana krav som traditionella bilföretag skulle ha för att medverka.

Vi presenterar denna MaaS-lösning här som en kontrast till ett resultat från ett examensarbete på Sweco, Sellstedt och Sjöling [2018], där svårigheterna att skapa fungerande affärsmodeller sett från ett operatörsperspektiv beskrivs (där bilföretag/bilpooler m m är operatörer utöver traditionella kollektivtrafikföretag).

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna.

Övergripande "samhällsekonomisk" kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

2.11 EU

I European Commission [2018] beskrivs målsättningen att EU ska bli ledande på området uppkopplade, självkörande fordon, en målsättning som delas av många. En stor del av rapporten behandlar regler och standarder för att möjliggöra en framtid med säkra, effektiva, miljövänliga, uppkopplade, självkörande fordon. Mycket handlar det också om effekterna på arbetsmarknaden med tillkommande/reviderade arbetsuppgifter, som många gånger kan kräva fortbildning, etiska frågor avseende ansvar för fordonsframförandet och datasäkerhet (både mot dataintrång och för den personliga integriteten).

Beträffande uppgiften att bedöma trafikeffekterna för en framtida situation formuleras det som nedan (ibid sid 15):

Det krävs mer forskning för att förutspå de långsiktiga effekterna av automatiserad och uppkopplad körning. Autonom rörlighet förutses till exempel leda till minskade transportkostnader, frigjord tid för föraren och främjad samåkning, vilket i sin tur medför bättre luftkvalitet och stadsplanering. Å andra sidan kan lägre transportkostnader och mindre tid för föraren att ägna åt körning även leda till fler eller längre resor, en större ökning av den totala trafiken och följaktligen en ökning av de totala utsläppen och trafikstockningar. Ett annat orosmoment är att det finns få uppgifter om samspelet mellan automatiserade fordon och andra trafikanter i blandad trafik. Horisont 2020:s arbetsprogram för transport för 2018–2020 innefattar projekt för att djupgående analysera användarnas beteende och allmänhetens acceptans samt för att bedöma den automatiserade och uppkopplade körningens medellånga och långsiktiga effekter.

Det som omfattas av transportmodeller och samhällsekonomi beskrivs i rapporten [ibid] avseende självkörande fordon och anges i två (av totalt fem) punkter nedan.

1. övervaka och utvärdera den automatiserade och uppkopplade körningens långsiktiga effekter, i synnerhet inom Horisont 2020:s arbetsprogram för automatiserad transport för 2018–2020,
2. samråda med berörda parter om de socioekonomiska och miljömässiga effekterna av autonom rörlighet,

Det finns 2 traditionella trafik- och transportmodeller utvecklade inom EU:s forskningsprogram, TransTools 3, Nielsen m fl [2017], och TRIMODE, Martino m fl [2018]. Båda dessa modeller, som avser att täcka hela EU, är av naturliga skäl mer aggregerade modeller. De behandlar i sin nuvarande form inte förekomst av självkörande, uppkopplade fordon.

Traditionell samhällsekonomisk kalkyl:

Inga nya modeller är framtagna.

Övergripande ”samhällsekonomisk” kalkyl: Inga nya modeller är framtagna.

3 Slutsatser

Erhållna svar på frågor till våra kontaktpersoner och informationssökning hos transportmyndigheter runt om i världen indikerar att arbetet med att anpassa de strategiska, nationella modellerna och de samhällsekonomiska kalkylmodellerna ännu är i sin linda. Såvitt vi kan bedöma är läget i detta avseende ungefär som hos Trafikverket i Sverige. Det utvecklingsarbete som görs avser modellering av mindre delar av det totala, vilket förefaller naturligt med tanke på de stora osäkerheter som föreligger avseende teknikutvecklingen, migrationen av ny teknik i fordonsflottan, kostnader och acceptansen på marknaden (samåkning, att lämna över kontrollen till systemet) etc.

I någon mening kan man säga att steg tagits i riktning mot att göra mer övergripande, scenariobetonade analyser genom att göra långtgående antaganden om vad utvecklingen kan komma att innebära. Sedan har man simulerat vilka resultat befintliga modeller ger med sådana utvecklings- och beteendebetonade antaganden.

Resultaten kan sammanfattas som:

1. Tekniken med självkörande fordon förbättrar kapacitet och trafiksäkerhet, allt annat lika.
2. Risker är överhängande att ökad tillgänglighet till transporter kommer att leda till ökade trafikvolym, som eventuellt kommer att förvärra trängselrelaterade problem i trafiken.

Möjligheten att arbeta med data och modeller i den USA-baserade OSDAP (Open Source Application Development Portal) förefaller intressant. Det kan vara värt att undersöka vad som krävs för att erhålla access.

I många länder påtalas behovet av att politiker och beslutsfattare förbereder sig och analyserar vad framtiden kan innebära på transportområdet. En kommentar till detta är att det finns stora möjligheter för dessa att agera. Den offentliga sektorn hanterar regelverk för fordon och deras framförande, bygger och underhåller infrastruktur, tillhandahåller subventionerad kollektivtrafik, tar in skattemedel för fordonsinnehav, bränslekonsumtion och infrastrukturnyttjande (väg- och bro-avgifter, banavgifter, farledsavgifter, parkeringsavgifter), påverkar via skattesystemet ex vis kostnaderna för arbetsresor, med mera. Inom ramen för detta system torde det finnas många möjligheter att påverka transportsystemet med hjälp av bland annat ekonomiska styrmedel, regelverk och kollektivtransportsystem av olika slag för att motverka negativa effekter av förväntade ökade trafikvolym och ökad trängsel. Några exempel är:

- Trängselskatterna i bl a Stockholm, Göteborg, Oslo, London, Singapore, Milano, Valletta
- Skattekompensationsregler för arbetsresor (Sverige)
- Samåkningssystem med ekonomisk kompensation för förare och "trygghetsskapande" mobiltelefon-app (Karos-systemet, Paris)
- Centrala zoner i städer som är bilfria

- Effektiva kollektivtrafiksystem som ex vis BRT (Bus Rapid Transit). Curitiba, Brasilien. Ett koncept som kopierats i över 200 städer enligt SvD 2019-08-11.

4 Referenser

Andersen C (2017): An Introduction to Connected Automated Vehicles, 2017 Advanced Technologies in Transportation Symposium, May 9, 2017, National Transportation Research Center, PowerPoint-presentation, Federal Highway Administration, USA. [USA\An Introduction to CAVs.pdf](#)

Atkins (2018): NTM Future Model Development: NTMv2 recalibration, NTMv2R: Demand Model Implementation Department for Transport, April. [England\national-transport-model-implementation-report.pdf](#)

Department for Transport (2018a): Road Traffic Forecasts 2018. Moving Britain Ahead, [England\road-traffic-forecasts-2018.pdf](#)

Department for Transport (2018b): Future of Mobility: Urban Strategy Moving Britain Ahead, [England\future-of-mobility-strategy_2018.pdf](#)

Department for Transport (2018c): The future of transport in towns and cities, [England\urban-transport-report-easy-read_2018.pdf](#)

Department for Transport (2018d): Appraisal and Modelling Strategy Informing Future Investment Decisions: Moving Britain Ahead, [appraisal-and-modelling-strategy-consultation.pdf](#)

Die Bundesregierung (2015): Strategy for Automated and Connected Driving – Remain a lead provider, become a lead market, introduce regular operations, Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, Berlin. [Tyskland\strategy-for-automated-and-connected-driving.pdf](#)

Ethics Commission Automated and Connected Driving (2017): Ethical rules for automated and connected vehicular traffic, Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure, Report, 2017. [Tyskland\strategy-for-automated-and-connected-driving.pdf](#)

EU-kommissionen (2018): Vägen mot automatiserad rörlighet – en EU-strategi för framtidens rörlighet, Meddelande från Kommissionen till Europaparlamentet, -rådet, Europeiska ekonomiska och sociala kommittén och regionkommittén, [EU\CELEX_52018DC0283_SV_TXT.pdf](#)

Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (2018): Task Force on Ethical Aspects of Connected and Automated Driving (Ethics Task Force), Frankfurt/M., 2018. [Tyskland\report-ethics-task-force-automated-driving.pdf](#)

Karos (2019): Analysis of the impact of deploying Karos in the Paris Region, Presentation folder from UITP, Stockholm, June 2019. <https://www.aster.com/why-we-invested-in-karos/>

Martino A, Williams I, Fiorello D, Noekel K, Capros P, Siskos P, Zazias F, Charalampidis I, Karkatsoulis P och Schade W (2018): TRIMODE: integrated transport model for Europe, Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, Vienna.

Merat, Natasha; Madigan, Ruth; Nordhoff, Sina (2017) : Human factors, user requirements, and user acceptance of ride-sharing in automated vehicles, International Transport Forum Discussion Paper, No. 2017-10, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), International Transport Forum, Paris, [OECD\itf-dp-2017-10.pdf](#)

Ministry for Transport (2018): Mobility for the Future – Summary of expert group report, Expertgruppen Mobilitet för framtiden, December 2018, Danmark. [Danmark\Mobility for the Future – Summary of expert group report.pdf](#)

NCHRP (2018): Updating Regional Transportation Planning and Modeling Tools to Address Impacts of Connected and Automated Vehicles, Volume 2: Guidance, NCHRP RESEARCH REPORT 896, USA.

Nielsen O A, Jensen A F, Rich J, De Jong G, Berglund S, Algers S, Thorhauge M, Pedersen T R, Bates. J (2017): Research and development of the European Transport Network Model – Transtools Version 3, SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME: Transport modelling for policy impact assessments , EU.

OECD (2015): Urban Mobility System Upgrade How shared self-driving cars could change city traffic, International Transport Forum.

RUTER (2019): The Oslo Study – How Autonomous Cars May Change Transport in Cities, Oslo Region public transport company, Norge. [Norge\The Oslo Study - Ruter.pdf](#)

Sellstedt M och Sjöling A (2019): Mobility-as-a-Service (MaaS) from a Transport Operator's Perspective, Examensarbete, KTH.,

Skoglund T, Edwards H, Posada M, Ramstedt Linda och Holgersson A (2019): Analys- och modellverktyg i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, Utr 2018/39, Rapport Mars 2019, Sweco.

Smith, Bryant Walker (2017) : Automation of the driving task: Some possible consequences and governance challenges, International Transport Forum Discussion Paper, No. 2017-07, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), International Transport Forum, Paris. [OECD\itf-dp-2017-07.pdf](#)

Sweco (2019): Research Platooning trucks in Flanders, Belgium, Modell: Trabam (univ Bryssel), 2019. [Belgien\Research Platooning trucks in Flanders.docx](#)

U.S. Department of Transportation (2014): 2015–2019 STRATEGIC PLAN - Intelligent Transportation Systems (ITS), Joint Program Office (JPO). [USA\USDOT's Intelligent Transportation Systems \(ITS\) Strategic Plan 2015-2019.pdf](#)

U.S. Department of Transportation (2018a): Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles 3.0, US DoT. [USA\Preparing for the future of transportation_automated vehicle 3.0.pdf](#)

U.S. Department of Transportation (2018b): Connected Vehicle Pilot Deployment Program Phase 2, System Architecture Document – WYDOT CV Pilot, [www.its.dot.gov/index.htm](#), FHWA-JPO-17-467. [USA\dot_36649_DS1.pdf](#)

Vries L och Quee J (2018): De effecten van autonome voertuigen binnen de bebouwde kom, Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, 22 en 23 november 2018, Amersfoort, Sweco NL. [Nederlândia\cvs_2018_vries_quee.pdf](#)

5 Bilaga 1: Kontakter

1. Adam Jones, Strategic Forecasting Lead, Operational Research Analyst, Transport Appraisal and Strategic Modelling, Department for Transport, 07500 604818, England
SVAR

2. Erik Vandermeersch, Sweco Belgium nv/sa, 1175 Urban Habitat Centrum
Brussel/Bruxelles, Belgien
Påmint (14/5)

3. Luuk de Vries (via Falco de Jong), Sweco Nederland B.V. 500548, Modellen & Data,
De Bilt, Nederländerna
SVAR

4. Andre Goncalves, Senior Transport Modeller, Sweco UK Limited,
2012 Transport Planning, London, Storbritannien
Påmint (14/5)

5. Mike Florian, INRO Software, Montreal, Canada
Påmint (14/5)

6. Inger Beate Hovi, Transportøkonomisk institutt, Oslo, Norge.
Hänvisar till Oskar Kleven och Stefan Flügel.

7. Stefan Flügel, Transportøkonomisk institutt, Oslo, Norge.
SVAR

8. Otto Anker Nielsen, DTU Management, Transportmodelling, Transport DTU, Transport
Technical University of Denmark, 2800 Kgs. Lyngby, Danmark

9. Prof Dr rer pol Gernot Liedtke, German Aerospace Center (DLR), Institute of Transport
Research, Berlin
SVAR

10. Prof Jaume Barceló Bugueda, Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona Tech,
jaume.barcelo@upc.edu

11. Carl.Andersen@dot.gov, USA

6 Bilaga 2: Intervjuresultat

Norge, Stefan Flügel: [Norge\Background+Questions_re_Self-driving_vehicles_Stefan_Flugel_TOI_NO_SFL.docx](#)

Nederländerna, Luuk de Vries: [Nederländerna\Background+Questions_re_Self-driving_vehicles_Sweco_NL_Luuk_de_Vries.docx](#)

