



Partnersamverkan  
för en förbättrad  
kollektivtrafik

WSP



**FÖRARLÖSA FORDON  
UTMANINGAR OCH MÖJLIGHETER  
FÖR KOLLEKTIVTRAFIKEN  
2020**

# FÖRARLÖSA FORDON

## – UTMANINGAR OCH MÖJLIGHETER FÖR KOLLEKTIVTRAFIKEN

### KUND

#### Partnersamverkan för en förbättrad kollektivtrafik

##### Medverkande organisationer:

Svensk Kollektivtrafik

Sveriges Bussföretag

Tågföretagen

Sveriges Kommuner och Regioner (SKR)

Jernhusen

### KONSULT

#### WSP Advisory

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10 7225000

**wsp.com**

### KONTAKTPERSONER

WSP: Felix Miranda Thyrén,

[felix.miranda.thyren@wsp.com](mailto:felix.miranda.thyren@wsp.com)

Svensk Kollektivtrafik: Lars Sandberg,

[lars.sandberg@svenskkollektivtrafik.se](mailto:lars.sandberg@svenskkollektivtrafik.se)

UPPDRAGSNAMN  
Förarlösa fordon - utmaningar  
och möjligheter

UPPDRAGSNUMMER  
10301888

FÖRFATTARE  
Karin Brundell-Frej  
Felix Miranda Thyrén  
Moa Berglund  
Martin Klingberg

DATUM  
2020-10-13

## FÖRORD

Förlösa fordon kommer att få stor påverkan på kollektivtrafiken och på samhället i stort. Den här studien visar att kollektivtrafikens kostnader kommer att sjunka drastiskt när det inte längre behövs förare för att köra bussar, tåg, spårvagnar och tunnelbanor. Studien visar också, liksom flera tidigare studier, att taxi kommer att ta stora marknadsandelar från traditionell kollektivtrafik när taxibilarna blir förlösa. Utvecklingen av förlösa fordon kan samtidigt komma att befästa den traditionella kollektivtrafikens viktiga roll vad gäller transport av stora resenärsflöden i starka stråk

Det minskade kollektivtrafikresandet till följd av förlösa fordon kan leda till ökad trängsel och minskad framkomlighet på vägar och gator, liksom ökade klimatutsläpp. Vilka effekterna slutligen blir beror till stor del på om människor kan tänka sig att resa tillsammans med personer som de inte känner i taxibilar utan förare.

Kollektivtrafikens framtida roll beror även på hur förväntade kostnadsminskningar inom kollektivtrafiken används. Även om de regionala kollektivtrafikmyndigheterna och trafikföretagen väljer att öka utbudet av kollektivtrafik eller sänka biljettpriserna förväntas kollektivtrafikandelen att minska, men valet av strategi avgör hur stor minskningen kommer att bli.

Även om helt förlösa fordon sannolikt ligger långt fram i tiden är det hög tid att redan nu diskutera de utmaningar och möjligheter som självkörande fordon för med sig för kollektivtrafiken. Rapporten, som innehåller WSP:s analys och slutsatser, är tänkt att fungera som ett underlag för fortsatta diskussioner om kollektivtrafikens roll och samhällsnytta i framtiden.

Rapporten är initierad inom ramen för Partnersamverkan för en förbättrad kollektivtrafik och har finansierats av Svensk Kollektivtrafik, Sveriges Bussföretag, Tågföretagen, Sveriges Kommuner och Regioner samt Jernhusen.

Projektet har genomförts av Karin Brundell-Frej (uppdragsledare), Felix Miranda Thyrén (biträdande uppdragsledare), Moa Berglund och Martin Klingberg. Lars Sandberg, Svensk Kollektivtrafik, har varit projektledare.

Stockholm september 2020.



## SAMMANFATTNING

I denna rapport har WSP, på uppdrag av Partnersamverkan för en förbättrad kollektivtrafik analyserat förarlösa fordon. Huvudsyftet med rapporten har varit att ta fram ett kunskapsunderlag om förarlösa fordons potentiella effekter på kollektivtrafiken, och att därigenom öka kunskapen om vilka utmaningar och möjligheter förarlösa fordon medför, och hur dessa kan förväntas påverka kollektivtrafiken.

Rapportens resultat bygger på en modellanalys av fyra typer av förarlösa fordon: **personbil, taxi, delad taxi och kollektivtrafik**. I huvudsak analyseras en mycket hög grad av automatisering – fordon som inte kräver någon mänsklig medverkan för att köras och som är förarlösa i alla miljöer och trafiksituationer. Den situation som beskrivs i denna rapport ligger därmed sannolikt relativt långt fram i tiden. Centralt i analysen är den kostnadsminskning som automatiseringen bidrar med inom kollektivtrafik och taxi, till följd av ett minskat behov av förare. Effekten till följd av en kostnadsminskning inom traditionell kollektivtrafik är dock förknippad med osäkerhet, exempelvis hur stor andel av personalen som behövs när fordonen är förarlösa. Vidare beror effekten på hur besparingarna används, exempelvis till att öka utbudet eller sänka biljettpriserna. Effekten av minskade kostnader blir dock relativt sett störst för taxi, eftersom det är mer personal per resenär än i kollektivtrafiken. Det blir därför en större kostnadsminskning inom taxi än inom andra trafikslag.

Analysen visar sammantaget att taxi, eller delad taxi, kan komma att ta stora marknadsandelar från såväl traditionell kollektivtrafik som privatbil i ett scenario med förarlösa fordon. Konkurrensen är i hög grad beroende på vilka antaganden som görs, inte minst om delningsgrad (för taxi) och därmed pris för resenärerna. Analysen har genomförts för två regioner, en storstadsregion (motsvarande Stockholm) och en så kallad mellanregion, motsvarande ett mer glesbefolkat område med enstaka större städer<sup>1</sup>. Beroende på antaganden visar modellen att den traditionella kollektivtrafikens andel kan väntas minska med 25 till 50 procent i storstadsregionen, och med 45 till 70 procent i mellanregionen.

Detta resultat bör dock nyanseras. De kraftigaste minskningarna sker i scenarier med en hög grad av delade taxibilar, även om det i dag är oklart om delningsekonomin kommer att slå igenom på bred front inom transportsektorn, eller i vilken utsträckning. Huruvida de delade taxibilarna är att betrakta som taxi eller kollektivtrafik är dock inte självklart. Det är exempelvis tänkbart att dessa tjänster tillhandhålls av olika privata företag, liknande dagens taxiverksamhet. Det är å andra sidan även tänkbart att dessa tjänster tillhandahålls av regionala kollektivtrafikmyndigheter, och ersätter dagens lågt belagda busslinjer i mer glesbefolkade miljöer. I dagsläget körs exempelvis mycket av det som är särskilt eller anropsstyrd kollektivtrafik av taxifordon, och det är tänkbart att allt fler sådana tjänster kommer uppstå framöver. Diskussionen om konkurrensen mellan taxi och kollektivtrafik kompliceras därmed av att en stor del av dessa delade taxibilar kan komma att bestå av företeelser som idag är att betrakta som kollektivtrafik, varför den minskade kollektivtrafikandelen ovan bör tolkas med försiktighet.

---

<sup>1</sup> Denna bygger på underlagsdata från regionerna Blekinge, Jönköping, Kalmar, Kronoberg och Örebro.

Kollektivtrafikens roll påverkas även av hur besparingarna inom kollektivtrafiken används. Analyserna visar att oavsett vilken strategi som väljs så kommer kollektivtrafikandelen att minska. Däremot blir minskningen av marknadsandelen mindre om biljettpriset sänks (minskning av antalet kollektivtrafikresor med mellan 5 och 60 procent) istället för om utbudet ökas (minskning med 20–70 procent).

Det är vidare troligt att utvecklingen kan få olika konsekvenser för kollektivtrafikens roll. Dagens kollektivtrafik har i huvudsak två delvis olika roller, dels som effektiv transport av stora mängder resenärer där det finns stora resandeunderlag, dels att erbjuda grundläggande tillgänglighet för alla. Automatiseringen kan sannolikt bidra till att å ena sidan tydligare cementera den första rollen, eftersom kollektivtrafiken kan komma att konkurreras ut av andra tjänster där resandeunderlaget är lägre. Å andra sidan är det tänkbart att automatiseringen kan bidra till att höja tillgängligheten just i de glesta miljöer, där kollektivtrafiken idag brottas med finansieringsproblem till följd av låg beläggning. Det är vidare tänkbart att nya automatiserade tjänster (taxi, bil eller kollektivtrafik) kommer bidra till öka tillgängligheten generellt, inte minst för grupper som idag inte kan ha bil, så som exempelvis barn.

Ett minskat resande med kollektivtrafik, till förmån för taxi, kan dock få negativa konsekvenser i form av exempelvis ökad trängsel och utsläpp. Samtidigt konkurrerar förarlösa taxibilar inte endast med kollektivtrafiken, utan också i hög grad med bilresor. En överflyttning av en resa från egen bil till taxi har sannolikt liten påverkan på trängsel eller utsläpp. Det är dock tänkbart att framtidens taxibilar också kommer delas. Graden av delning för taxiresor är en avgörande faktor för priset för att resa med taxi. Resultaten i denna rapport visar att detta i sin tur spelar roll för i vilken utsträckning taxi konkurrerar med kollektivtrafik och bil, och därigenom för vilken påverkan taxiresandet kommer att få på exempelvis trängsel och utsläpp samt på transportsystemet i stort. Vad gäller frågan om utsläpp har detta endast beräknats översiktligt i denna rapport. Tidsperspektiven är långa. Det är därför inte osannolikt att skillnaden mellan klimatutsläpp från olika typer av vägtrafik kommer att vara mindre vid den (ganska avlägsna) tidpunkt när vi uppnått den nivå av automatisering som behandlats här. Samtidigt kan frågor om energianvändning och energieffektivisering förbli relevanta även i en framtid med klimatneutrala fordon. Detta understryker i sin tur vikten av delning av fordon, då detta är och förblir mer energieffektivt.

Modellanalysen i den här rapporten har i huvudsak fokuserat på medellånga resor, och konkurrensen mellan motoriserade färdmedel. Det bör dock betonas framväxten av förarlösa fordon, och därigenom billigare transporter, kan ha stor påverkan på aktivt resande, det vill säga resande med exempelvis gång och cykel. Tidigare utredningar visar att de som reser med kollektivtrafik idag i genomsnitt reser 1,3 kilometer mer med gång och cykel, i form av resor till och från hållplatser. En minskning av kollektivtrafiken, så som prognostiseras i den här rapporten, kan därför få negativa hälsokonsekvenser om dessa resor ersätts med anropsstyrda resor från dörr till dörr. Det är å andra sidan också tänkbart att automatiseringen, genom att den indirekt kan bidra till ett minskat privat ägande av bil, kan bidra till en ur en hälsoaspekt mer gynnsam färdmedelsblandning, där en kombination av gång, cykel och automatiserade resor med olika anropsstyrda och/eller kollektiva färdmedel kombineras. Utvecklingen här är i sin tur sannolikt beroende av vilka tjänster som uppmuntras, exempelvis med olika styrmedel.

Vad gäller styrmedel tyder resultaten i denna rapport på att de negativa effekter som kan uppkomma till följd av automatiseringen i stort är samma som dagens negativa externaliteter i transportsektorn, exempelvis ökad trängsel och ökade utsläpp. Automatisering ställer således krav på styrmedel som internaliserar de negativa effekter som fler fordon och mer trafik ger upphov till. Det finns redan idag flera sådana styrmedel, exempelvis trängselskatt och bränsleskatt. Förändrade förutsättningar till följd av automatiseringen kan dock ställa andra krav på utformningen av dessa styrmedel, och på styrmedel som tydligare riktas in på de specifika problem som uppstår, så som trängsel.

Det bör slutligen konstateras att mycket av den utveckling som modellerats i denna rapport dels bygger på antaganden om en hög grad av automatisering samt att tekniken accepteras av ett stort antal människor. Det finns flera osäkerhetsfaktorer som kan komma att ha en stor påverkan på hur snabbt automatiseringen slår igenom och påverkar transportsektorn på det sätt som diskuteras i denna rapport. Frågor om acceptans, i vilken mån människor känner sig trygga med den nya tekniken samt vilka regler och lagar som kommer gälla kommer ha stor påverkan på detta. Tidigare exempel på området, exempelvis automatiseringen av flygplan, tyder på att övergången till förarlöshet tar förhållandevis lång tid. De besparingar till följd av förarlöshet, som är den huvudsakliga drivkraften bakom de förändringar som analyseras i denna rapport, kommer inte att aktualiseras i närtid.

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>2</b>
1.1	UPPDRAGET OCH SCENARIER	3
1.2	FRÅGESTÄLLNINGAR	4
1.3	METOD	5
<b>2</b>	<b>OM FÖRARLÖSA FORDON</b>	<b>6</b>
2.1	PROBLEMBILD	8
2.2	ACCEPTANSEN FÖR ATT DELA FORDON	9
2.3	AUTOMATISERINGENS BETYDELSE FÖR KOLLEKTIVTRAFIKENS KOSTNADER	12
<b>3</b>	<b>RESANDET MED AUTONOMA FORDON</b>	<b>18</b>
3.1	SYSTEM DYNAMICS-MODELLEN	18
3.2	RESULTAT, SYSTEM DYNAMICS-MODELL	25
<b>4</b>	<b>ANALYS AV EFFEKTER</b>	<b>29</b>
4.1	RESANDET MED OCH KONKURRENSEN MELLAN OLIKA FÄRDMEDEL	29
4.2	EFFEKTER PÅ TILLGÄNGLIGHET GENERELLT OCH FÖR OLIKA GRUPPER	32
4.3	EFFEKTER PÅ TRÄNGSEL OCH FRAMKOMLIGHET	33
4.4	EFFEKTER PÅ KLIMATUTSLÄPP FRÅN TRANSPORTSEKTORN	35
4.5	HÄLSOEFFEKTER	37
4.6	EFFEKTER PÅ TRAFIKSÄKERHET	38
4.7	ÖVRIGA EFFEKTER PÅ KOLLEKTIVTRAFIKEN	39
<b>5</b>	<b>BEHOV AV STYRMEDEL</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>AVSLUTANDE DISKUSSION</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>48</b>
	<b>BILAGA - MODELLANTAGADEN</b>	<b>54</b>
	<b>BILAGA – RVU</b>	<b>56</b>
	<b>BILAGA – INTERVJUER</b>	<b>56</b>

# 1 INLEDNING

Förlösa fordon kommer att få stor påverkan på transportsystemet i allmänhet, och kollektivtrafiken i synnerhet. I litteraturen framgår dock flera delvis motsägelsefulla bilder. Å ena sidan har förlösa kollektivtrafikfordon potential att förbättra trafiken, exempelvis genom att minska kostnaderna. Samtidigt befarar många bedömare att resandet med privatägda personbilar eller taxi kommer att öka kraftigt om dessa görs förlösa, med minskat kollektivtrafikresande som följd.

Det är mycket osäkert när, och hur snabbt, övergången till förlösa fordon kommer ske. Detta är beroende både av den tekniska utvecklingen på området, men också av hur regler och lagar utformas, då detta kommer vara avgörande för hur och i vilken utsträckning de förlösa fordonen används.

Samtidigt finns osäkerheter kring hur de förlösa fordonen kommer påverka kollektivtrafiken i olika miljöer. Det är exempelvis tänkbart att självkörande kollektivtrafikfordon kan gynna kollektivtrafiken genom att minska driftskostnader. Förlösa privatbilar kan dock, genom att förenkla bilresande, och göra det tillgängligt för grupper som inte kan köra bil, bidra till att minska resandet med gång, cykel och kollektivtrafik. Detta kan i sin tur få negativa effekter på utsläpp, energianvändning och trängsel.<sup>2 3</sup>

Takten i övergången, och hur denna påverkar resandet med kollektivtrafik och privatbil, är beroende av acceptansen hos människor för den nya tekniken. Det är exempelvis tänkbart att vissa grupper upplever det som otryggt att dela obemannade fordon med främmande personer, men också att personer upplever det som otryggt att resa i självkörande fordon, exempelvis av trafiksäkerhetsskäl. Acceptansen, och därigenom takten i övergången, samt vilka fordon personer övergår till beror i sin tur mycket på hur människor upplever olika självkörande fordon och trafiksystem.

Det är även sannolikt att påverkan på transportsystemet från förlösa fordon kommer variera över olika delar av landet, och för olika grupper. Effekterna som de självkörande fordonen har är i hög grad beroende inte bara av användningen av dem, men också kringliggande faktorer så som trängsel, infrastruktur, användares inkomst et cetera. Slutligen är fordonens miljöeffekt, både vad gäller klimatutsläpp och utsläpp av hälsofarliga luftföroreningar, inte bara beroende av trafikarbetet och människors resmönster, men också vilka drivmedel som används.

De många osäkerheter som beskrivs ovan gör att det finns behov hos berörda organisationer att planera för lösningar och system som är flexibla. Flexibilitet är särskilt angeläget eftersom teknik- och beteendeskiften kan ske hastigt, samtidigt som transport- och infrastruktursektorn är förhållandevis trögrörig. Samtidigt finns ett behov av att tidigt diskutera de utmaningar som förlösa fordon kan medföra, för att möjliggöra för olika aktörer att vidta förberedelser och införa väl utformade styrmedel.

Syftet med den här rapporten är att ta fram ett kunskapsunderlag om förlösa fordons potentiella effekter på kollektivtrafiken. Syftet är alltså att

---

<sup>2</sup> (Klimatpolitiska rådet, 2019)

<sup>3</sup> (Pernestål, Engholm, & Kristoffersson, Digitaliseringens effekter på transportsystemet – en förstudie, 2019)

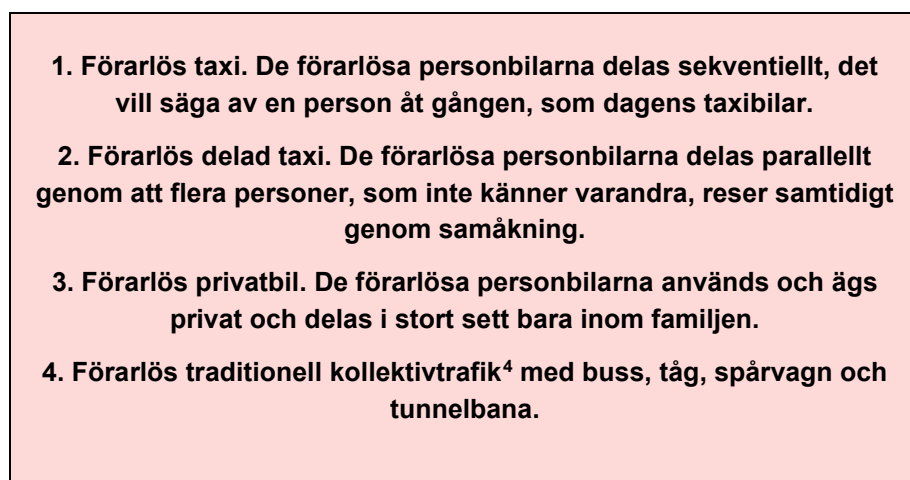


öka kunskapen om hur förarlösa fordon kan förväntas påverka kollektivtrafiken och att belysa kollektivtrafikens möjligheter och utmaningar när det gäller förarlösa fordon.

## 1.1 UPPDRAGET OCH SCENARIER

De förarlösa fordonens påverkan på kollektivtrafiken (och samhället) beror i många fall på om fordonen används delat eller inte, och på vilket sätt de i så fall delas. Effekterna skiljer sig åt om de förarlösa personbilarna används privat, om bilarna delas parallellt genom samåkning, om personbilarna delas sekventiellt (som dagens taxibilar) eller om människor delar fordon genom att resa med traditionell, men förarlös, kollektivtrafik.

Uppdraget utgår därför från en analys av fyra olika typer av förarlösa fordon.



Figur 1: Fyra typer av förarlösa fordon

I litteraturen kring detta återfinns såväl begreppen förarlösa, som automatiserade eller automatiska fordon, och dessa används växelvis i rapporten. I huvudsak avser analysen självstyrande och förarlösa fordon enligt nivå 5 i SAE:s<sup>5</sup> skala för kategorisering av självkörande fordon (det vill säga fordon som ej kräver någon mänsklig inverkan och som är förarlösa i alla miljöer och trafiksituationer). Detta är också den nivå av automatisering som antas i de modellkörningar som görs i denna rapport. Man bör därför hålla i minnet att de fordon som analyseras har en mycket hög grad av automatisering, och att den situation som studeras sannolikt ligger relativt långt fram i tiden. I rapporten diskuteras dock även enklare automatiserade fordon på sina ställen, men detta anges då särskilt i texten.

<sup>4</sup> Med traditionell kollektivtrafik avses här kommersiell och icke-kommersiell ej anropsstyrd kollektivtrafik med buss, tåg, spårväg, tunnelbana och skärgårdstrafik.

<sup>5</sup> Society of Automotive Engineers

## 1.2 FRÅGESTÄLLNINGAR

Som ovannämnt är syftet med den här rapporten är att ta fram ett kunskapsunderlag om förarlösa fordons potentiella effekter på kollektivtrafiken. Detta görs genom att besvara ett antal frågeställningar. Den övergripande frågeställningen är hur förarlösa fordon kommer att påverka kollektivtrafiken. Detta delas upp i följande delfrågor:

1. Hur ser viljan och acceptansen ut för att dela förarlösa fordon med personer som man inte känner, dels generellt och dels i olika typer och storlekar av fordon?
2. Hur påverkar automatiseringen:
  - Kollektivtrafikens kostnader?
  - Resandet med kollektivtrafik respektive biltrafik
  - Människors tillgänglighet
  - Konkurrensen mellan delvis samhällsfinansierad och helt kommersiell kollektivtrafik
  - Konkurrensen mellan kollektivtrafikens olika fordonsslag (taxi, buss och spårtrafik)
  - Trängsel och framkomlighet på vägnätet
  - Klimatutsläpp från transportsektorn
  - Hälsoeffekter från transportsektorn
  - Social hållbarhet inom transportsektorn (Kvinnor och män, låg- och höginkomsttagare, personer med funktionsvariationer, barn och ungdomar samt äldre, personer som bor i landsbygd, tätort och stad)
  - Trafiksäkerhet
  - Utformning av järnvägsstationer, stationsområden och övriga knutpunkter

Utifrån svaren på dessa frågor diskuteras sedan huruvida det behövs styrmedel, och i så fall vilka, för att:

- Öka andelen kollektivtrafik
- Minska utsläppen av växthusgaser?
- Förbättra tillgängligheten?
- Öka jämställdheten?
- Förbättra den regionala utvecklingen?
- Öka rättvisan och minska utanförskapet i enlighet med det transportpolitiska funktionsmålet?

## 1.3 METOD

Indata och analyser utgår från

- WSP:s System Dynamics-modell
- Förenklade exempelberäkningar baserade på nationell statistik
- Litteraturstudie
- Intervjuer

Huvuddelen av analysen kring resande med förarlösa fordon har gjorts med en av WSP framtagen System Dynamics-modell. Generellt är System Dynamics ett angreppssätt för att med hjälp av sammanlänkade matematiska samband analysera komplexa dynamiska system, det vill säga system med flera av varandra beroende faktorer och effekter. WSP:s System Dynamics modell har speciellt utvecklats för att beskriva de inbördes beroenden som styr utvecklingen av framtidens mobilitet. Modellen redogörs mer nogsamt för i kapitel 3 samt i Bilaga – Modellantaganden.

Nationell statistik (i huvudsak den nationella resvaneundersökningen) och beräkningar baserade på dessa uppgifter används för att uppskatta följd effekter av automatiseringen utifrån resultaten i System Dynamics-modellen. Denna indata redogörs för i Bilaga – RVU.

En litteraturstudie inriktad mot relevant forskning och tidigare utredningar har använts för att redogöra för bakgrund och nuläge kring förarlösa fordon. Detta för att ta fram indata till ovannämnda modellkörningar samt för att komplettera analys och andra resonemang. Detta har även kompletteras med intervjuer med en handfull forskare, operatörer och andra relevanta aktörer. Intervjuerna har genomförts under perioden april-maj 2020. Intervjuade personer redogörs för i Bilaga – Intervjuer.

Ytterligare detaljer kring hur metoderna har tillämpats och de antaganden som gjorts i varje analys presenteras i respektive kapitel.

## 2 OM FÖRARLÖSA FORDON

För att kunna bedöma effekter av ett framtida scenario där förarlösa fordon introducerats storskaligt behöver ett stort antal, delvis växelverkande faktorer tas i beaktning. Dessa faktorer omfattar bland annat vad som faktiskt menas med förarlösa eller automatiserade fordon, tidshorisonten för introduktion och den geografiska spridningen, men även graden av acceptans från användare samt lagstiftning och regelverk.

Som beskrivet i avsnitt 1.1 finns det olika begrepp för förarlösa fordon och det är viktigt att definiera vad det faktiskt innebär i de framtidsscenarioer som definierats. Graden av automatisering av fordon brukar beskrivas i nivåer. Den mest vedertagna kategoriseringen kommer från SAE och består av sex nivåer enligt följande tabell:

Tabell 1: Nivåer av automatisering för vägfordon

Nivå	Beskrivning
0	Föraren får ingen hjälp av fordonet med framförandet.
1	Föraren får stöd i form av filhållning eller farthållning.
2	Föraren kan få stöd i form av hastighetsanpassning och styrning.
3	Villkorad automatisering, fordonet kan klara av samtliga aspekter av köruppgifterna men föraren behöver hela tiden vara beredd att ingripa.
4	Fordonet kan köra själv under givna förutsättningar, exempelvis på särskilda vägar eller vid god sikt. Hög automatiseringsgrad
5	Fordonet klarar av att köra helt utan förare i alla miljöer. Fullständig automatisering.

Nivå 0 innebär ingen automatisering alls medan nivå 5 innebär att fordonet själv klarar alla aspekter av körningen i alla typer av miljöer.<sup>6 7</sup> Scenarierna i den här rapporten är framtagna med utgångspunkten att förarlösa fordon innebär nivå 5 av automatisering, det vill säga fordon som klarar att köra helt själva i alla miljöer och situationer.

Ännu så länge är inte tekniken så utvecklad att förarlösa fordon kan köras på gator och vägar tillsammans med andra trafikanter. Detta gäller både person- och kollektivtrafik. Men en viss nivå av automatisering finns tillgängligt på marknaden och kan anses vara väl etablerat. Detta gäller de lägre automationsnivåerna, upp till nivå 3, exempelvis återfinns ofta både fart- och

<sup>6</sup> (SAE, 2019)

<sup>7</sup> (SKR, 2018)

filhållare i nyare bilar i dagsläget.<sup>8</sup> Vidare finns exempel på förarlösa spårbundna system, exempelvis i Köpenhamn.<sup>9 10 11</sup> För fordon som är på nivå 3 eller högre är utvecklingen fullt pågående och redan nu finns exempelvis minibussar och taxibilar som har tagits fram för att användas som färdmedel för ”första och sista kilometern” (*first mile/last mile*<sup>12</sup>). Dessa förväntas och har i stor utsträckning utvecklats för att användas inom ramen för olika delade eller kombinerade mobilitetstjänster. Det är även den typen av fordon som har testats i pilotprojekt så som det EU-finansierade Citimobil2.<sup>13</sup>

I dagsläget är det högst osäkert när mer avancerade förarlösa fordon kommer att vara vanligt förekommande och det finns ett stort antal prognoser. Dessa varierar mellan en smärre revolution, där introduktionen sker snabbt, till mer försiktiga prognoser.<sup>14</sup> Vissa experter menar på att helt automatiserade fordon (nivå 5) kommer att vara en integrerad del av vägtransporterna redan under 2030-talet, medan andra bedömer att det inte kommer att ske förrän efter 2050- eller under 2060-talet.<sup>15 16</sup>

Det finns faktorer som påverkar tidshorisonten och som talar både för och emot en snabb marknadsintroduktion. Den automatiserade körningen kan ge fördelar för samhället i stort och för individer, men det finns samtidigt ett antal marknadsbarriärer som hindrar utvecklingen, exempelvis mognadsgraden av teknologin, lagar och regler samt brister i infrastrukturen.<sup>17</sup> Teknologin är en faktor som har stor påverkan på när förarlösa fordon faktiskt introduceras på marknaden, medan de övriga faktorerna, så som infrastruktur, har större påverkan på stegen efter introduktionen och fram till att de är väletablerade och vanligt förekommande.<sup>18</sup> Dessa faktorer är väl kända inom marknadsintroduktionsteori och principerna är relevanta för alla typer av nya teknologier och produkter.

Introduktionen av personfordon, automatväxlade fordon, krockkuddar, hybrid-bilar och navigationssystem för fordon har alla genomgått decennier av utveckling, från första produkten, genom tester och utveckling till att slutligen nå en nivå där marknaden är mättad, det vill säga alla som vill ha produkten kan köpa den.<sup>19</sup> Tekniken gällande förarlösa fordon är mer avancerad än ovannämnda teknologier och det finns därför fog för att tro att marknadsintroduktions-cykeln kan komma att ta ännu längre tid. Man bör dock ha i åtanke att tester och utveckling har pågått under en förhållandevis lång tidsperiod och 2019 fanns exempelvis 20 olika modeller av automatiserade minibussar och det första publika pilotprojektet för denna typ av fordon genomfördes 2014.<sup>20</sup>

---

<sup>8</sup> (RISE, 2019)

<sup>9</sup> (Railway Technology, 2020)

<sup>10</sup> (Ny Teknik, 2018-01-26)

<sup>11</sup> (Ny Teknik, 2020-06-02)

<sup>12</sup> *First mile/last mile* är ett vanligt begrepp i kollektivtrafiksammanhang och syftar till behovet av att resa den första eller sista sträckan till och från hållplatser när man reser. Vanligen görs denna resa med gång eller cykel, exempelvis då en resenär går från sitt hem till en busshållplats, men den kan också göras med exempelvis bil, taxi eller andra mobilitetsformer.

<sup>13</sup> (RISE, 2019)

<sup>14</sup> (SKR, 2018)

<sup>15</sup> (Trafikverket, 2019)

<sup>16</sup> (Litman, 2020)

<sup>17</sup> (SOU, 2018:16)

<sup>18</sup> (TØI, 2019)

<sup>19</sup> (Litman, 2020)

<sup>20</sup> (RISE, 2019)



Utvecklingen kommer inte heller att se ut på samma sätt eller ske lika snabbt i alla geografiska eller demografiska områden och inte heller innebära samma effekter på sättet att resa. Förarlösa personbilar kan exempelvis medföra bekvämare resor, medan förarlösa taxitjänster sannolikt främst kommer att bli billigare än dagens taxiresor. Detta kommer innebära att den traditionella kollektivtrafiken kommer att utsättas för ökad konkurrens.<sup>21</sup> I områden på landsbygden, där andelen som reser med kollektivtrafik redan idag är lägre än i stadsregioner, och kollektivtrafiken i störst utsträckning används av de som inte har möjlighet att köra egen bil kommer förarlösa fordon medföra ytterligare konkurrens med den konventionella kollektivtrafiken. Samtidigt är det tänkbart att automatisering, och ökad möjlighet till att vid behov anropa fordon, kommer stärka kollektivtrafiken, inte minst på landsbygden, där olika former av anropsstyrd kollektivtrafik förekommer i dagsläget.<sup>22</sup>

## 2.1 PROBLEMBILD

Som diskuteras i inledningen menar många bedömare att förarlösa fordon har potential att förbättra trafiken genom att göra den tillgänglig för fler, samt säkrare, billigare och mer bekväm. Exempelvis kommer sannolikt kostnaderna för kollektivtrafik och taxi minska, till följd av minskat behov av personal. Vidare kommer privata bilresor bli mer bekväma än de är idag, då bilisten kan göra annat när bilen kör sig själv. Detta kan dock få till följd att resandet ökar kraftigt, något som kan få negativa konsekvenser i form av ökad trängsel, utsläpp och energianvändning. Bilden kompliceras vidare av att dessa effekter inverkar på varandra. Den ökade tillgängligheten som förarlösa fordon bidrar med, genom att möjliggöra för flera personer att resa till fler målpunkter, kan exempelvis motverkas om ett ökat trafikarbete bidrar till stor trängsel, som minskar tillgängligheten. Likaså kan de positiva trafiksäkerhetseffekterna, till följd av att fordonen eliminerar mänskliga fel i trafiken, motverkas om antalet totala fordonskilometer ökar, vilket ökar olyckorna.

Effekterna ovan kompliceras vidare av att dessa effekter i stor grad beror på i vilken utsträckning fordon delas, eftersom ökad delning minskar det totala antalet fordonskilometer, vilket minskar trängsel, utsläpp och energianvändning. Delningen är i dock i sin tur beroende av flera faktorer, så som viljan att dela fordon med andra samt priset för delade respektive privata resor. Konkurrensen mellan befintliga, och nya, färdmedel så som bil, taxi och kollektivtrafik kan därför få en avgörande roll för vilka följd effekter automatiseringen får för transportsektorn och samhället i stort. Detta får i sin tur implikationer för vilka styrmedel som kan tänkas behövas för att motverka negativa effekter från transporter.

De samband och problem som beskrivs ovan är de som modelleras i System Dynamics-modellen. I Figur 3 i avsnitt 3.1 nedan återfinns en mer detaljerad schematisk bild över hur detta implementerats i modellen.

---

<sup>21</sup> (Bösch, Becker, Becker, & Axhausen, 2018)

<sup>22</sup> (Sieber, Ruch, Hörl, Axhausen, & Frazzoni, 2020)

## 2.2 ACCEPTANSEN FÖR ATT DELA FORDON

Viljan att gå med på, eller acceptansen för, att dela fordon med andra beror på flera faktorer. Det kan exempelvis bero på ekonomi och restid (en delad resa med buss kan exempelvis ta längre tid än en taxiresa, men vara billigare) men också bekvämlighet och trygghet. Denna litteraturstudie behandlar i huvudsak de sistnämnda två faktorerna, det vill säga de som har att göra med upplevd bekvämlighet eller trygghet, även om flera studier också berör acceptans som härrör ur ekonomiska förklaringar.

Frågan om acceptans är aktuell för dagens transporter<sup>23</sup>, men kan komma att bli än mer aktuell vid en övergång till förarlösa delade fordon. Detta då de förarlösa fordonen kan komma att vara obemannade men också mindre än många av dagens delade färdmedel, så som bussar och tåg. Huruvida människor upplever fordonen som trygga och bekväma kommer att påverka om de accepterar att resa med delade fordon, vilket sannolikt kommer få stor betydelse för i vilken grad delade fordonen konkurrerar med exempelvis att resa med egen bil.

Trygghet, eller otrygghet, är beroende av emotionella reaktioner, och vissa grupper upplever detta starkare än andra. Vissa studier visar exempelvis på att kvinnor och äldre personer upplever kollektivtrafiken som mer otrygg än andra grupper.<sup>24</sup> <sup>25</sup> De som inte reser kollektivt, eller inte reser kollektivt särskilt ofta, upplever också kollektivtrafiken som mer otrygg.<sup>26</sup> Det bör dock understrykas att miljön runt kollektivtrafiken har stor, ofta större betydelse, för tryggheten än miljön i fordonen.<sup>27</sup> I Trafikverkets handledning ASEK<sup>28</sup> återfinns exempelvis endast trygghetsrelaterade vikter för gångtid, inte för tid i fordonen.<sup>29</sup> <sup>30</sup> Synlig personal pekas i tidigare studier ut som viktigt för att öka komfort och trygghet, varför denna fråga kan bli än mer aktuellt vid en övergång till automatiserade fordon där antalet personal förutspås minska.<sup>31</sup>

Givet att automatisering av fordon är ett förhållandevis nytt fenomen, är acceptansen för att dela sådana något som utretts i begränsad utsträckning inom forskningslitteraturen. De relevanta studierna kan i huvudsak delas in i två kategorier, sådana som bygger på modellansatser, och sådana som bygger på data från potentiella eller faktiska resenärer/användare av automatiska fordon. I det sistnämnda fallet är dock urvalen ofta små, och det handlar framförallt om små testprojekt med exempelvis långsamtgående automatiserade bussar. Detta skiljer sig i sin tur från det som i huvudsak studeras i den här rapporten, det vill säga helt automatiserade fordon som fungerar i alla trafikmiljöer.

Vad gäller de studier som bygger på modellsimuleringar utgår viljan och acceptansen för att dela förarlösa fordon i huvudsak från ekonomiska variabler, vanligen hur mycket billigare delade resor är än icke-delade.

---

<sup>23</sup> I sammanhanget bör det även, mot bakgrund av den vid tillfället då rapporten skrivs pågående pandemin (Covid-19), nämnas att benägenheten att dela fordon också påverkas av hälsomässiga faktorer. Detta behandlas dock inte vidare i denna rapport.

<sup>24</sup> (Region Stockholm, 2020)

<sup>25</sup> (SOU, 2003:67)

<sup>26</sup> (Svensk Kollektivtrafik, 2019)

<sup>27</sup> (Kottenhoff & Byström, 2010)

<sup>28</sup> Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn

<sup>29</sup> (Trafikverket, 2018)

<sup>30</sup> (Börjesson, 2012)

<sup>31</sup> (SOU, 2003:67)

Pernestål och Kristoffersson (2018) har gjort en översikt av simuleringsstudierna kring effekterna av förarlösa fordon, och denna visar att cirka 6 till 13 procent av alla resor skulle ske genom samåkning, om resenärerna fick välja mellan att samåka eller ej.<sup>32</sup> Detta bygger i huvudsak på två artiklar, Zhang et al. (2015) och Hörl (2017). I den förstnämnda studien Zhang et al. (2015) är benägenheten att dela en ingående variabel, och artikelförfattarna testar i modellen olika antaganden om resenärernas benägenhet att dela fordon. Utifrån detta finner de att antalet delade resor sedermera blir en funktion av hur många automatiska fordon det finns.<sup>33</sup> Den andra studien, Hörl (2017), simulerar automatiska taxibilar, men har endast benägenheten att dela som en funktion av pris och restid, det vill säga att resenärer delar resor om det leder till ett lägre pris och/eller en inte allt för mycket längre resa.<sup>34</sup> Ytterligare en studie, Bösch et al. (2018), studerade den automatiska fordonsflottans storlek utifrån benägenheten att dela, men fann att möjligheten till att skapa framgångsrika affärsmodeller för delade förarlösa fordon, jämfört med att äga sitt eget, förutsätter nya tekniska lösningar vad gäller övervakning av passagerare och städning av fordon. Detta är särskilt intressant då det rör sig om faktorer som påverkar acceptansen att dela fordon, och visar att dessa är avgörande för i vilken utsträckning delade förarlösa fordon kommer konkurrera med privatägda.

Vad gäller de studier som grundar sig på data från potentiella eller faktiska resenärer/användare bygger dessa, som ovannämnt, ofta på små urval av resenärer på teststräckor. Vidare görs dagens pilottester med högre grad av automation ofta med säkerhetsförare ombord. Studier gjorda inom projektet *S3 – Shared Shuttle Services* i Göteborg visade en variation i hur viktigt användare tyckte det var med en säkerhetsförare ombord på de självkörande skyttlarna. Majoritet ansåg att det inte behövdes, och som anledning angavs bland annat att säkerhetsföraren tar bort själva syftet med "självkörande" fordon.<sup>35</sup>

En av de tidigaste litteraturgenomgångarna på området är Becker och Axhausen (2017).<sup>36</sup> Litteraturen fokuserar i huvudsak på automatiserade fordon för privatpersoner, även om ett fåtal studier dessutom behandlar automatiserade taxitjänster (för enskilda resenärer samt delade). Av dessa är det framförallt Krueger et al (2016) som fokuserar på delade fordon. Studien fann att acceptansen varierar mellan grupper, där personer som i huvudsak nyttjar en blandning av färdmedel idag är mer benägna att byta till delade automatiska fordon, medan de som exempelvis färdas mycket med bil sannolikt är mindre benägna att byta.<sup>37</sup> Liknande resultat återfinns även i Lavieri et al. (2017), som finner att yngre, mer teknikintresserade personer i tätorter är mer benägna att övergå till förarlösa fordon, något som de menar talar för delningstjänster snarare än privata fordon, eftersom dessa personer och miljöer är de där delade tjänster är mest populära idag.<sup>38</sup>

Inom ramen för EU-programmet CityMobile2 har studier på resor med små automatiserade pendelbussar i olika medelstora städer och analyserat passagerarnas reaktioner efter deras åktur. I Finland analyserades ett

---

<sup>32</sup> (Pernestål & Kristoffersson, Effects of driverless vehicles: A review of simulations, 2018)

<sup>33</sup> (Zhang, Guhathakurta, Fang, & Zhang, 2015)

<sup>34</sup> (Hörl, 2017)

<sup>35</sup> (RISE, 2019)

<sup>36</sup> (Becker & Axhausen, 2017)

<sup>37</sup> (Krueger, Rashidi, & Rose, 2016)

<sup>38</sup> (Lavieri, o.a., 2017)

stickprov på 197 individer av Salonen (2018) med kvantitativa metoder. Den generella slutsatsen var att passagerarna inte kände sig tillräckligt trygga i den förarlösa pendlarbussen. 64 procent av passagerarna svarade i sina enkäter att känslan av säkerhet i den förarlösa bussen var sämre eller mycket sämre jämfört med en åktur i en konventionell buss. Det fanns också markanta skillnader mellan kvinnor och män när deras subjektiva känsla av säkerhet analyserades. Studien kom sammantaget fram till att trafiksäkerheten inte upplevdes som ett problem, men att passagerarnas känsla av trygghet behövde stärkas för att normalisera användningen av förarlösa pendlarbussar som i en del av en transportkedja.<sup>39</sup>

Acceptans och säkerhet kring obemannade fordon har även utretts i andra sammanhang. I samband med den föreslagna linbanan i Göteborg diskuterades resenärers otrygghet vad gäller att färdas med främmande personer i obemannade fordon. Det föreslogs, i likhet med vad som diskuterats i andra studier om delade automatiska fordon, att detta kunde avhjälpas med kameror, larm och kommunikationsutrustning i fordonen, men också med personal vid stationer och/eller i vissa fordon.<sup>40 41 42</sup> Studier i Stockholm tyder även på att otryggheten är större i de mindre personaltäta kollektivtrafiksystemen, så som tåg och tunnelbana, än i buss (det bör dock noteras att otryggheten upplevdes som störst på väg till och från stationer).<sup>43</sup>

44

Liknande erfarenhet finns även vad gäller konventionell samåkning mellan resenärer som inte känner varandra. Nelson et al (2012) har studerat samåkningshistoria i USA och funnit exempel på säkerhetshöjande åtgärder, exempelvis ett samåkningsprogram som skapades av företag som samlade resenärersdata data och exempelvis matchade de som bodde nära varandra.<sup>45</sup> Metoden ansågs framgångsrik då passagerarna kunde samåka med personer de hade viss kontakt med, så som grannar, vilket ökade tilliten.<sup>46</sup> Liknande exempel på åtgärder för att öka trivselen vid delade resor finns även hos bildelningstjänsten *BlaBlaCar*, där resenärer får ange preferens för hur pratsamma potentiella medresenärer ska vara, samt Svenska Skjutsgruppen.<sup>47 48</sup>

Det finns även exempel på mer konventionella delade taxitjänster, och leverantörerna Uber och Lyft tillhandahåller den typen av tjänster i flera länder. Även här är dock antalet studier kring acceptansen begränsat. De studier som gjorts tyder dock på att resenärer delvis upplever det som besvärligt att dela fordon, även om det också framkommer positiva upplevelser av ökat socialt utbyte med mera.<sup>49</sup>

---

<sup>39</sup> (Salonen, 2018)

<sup>40</sup> (Tyréns, 2013)

<sup>41</sup> (Göteborgs stad, 2016)

<sup>42</sup> (Cox, 2016)

<sup>43</sup> (Ceccato, Sundling, Näsman, & Langefors, 2019)

<sup>44</sup> (Region Stockholm, 2020)

<sup>45</sup> (Pratsch, 1975)

<sup>46</sup> (Chan & Shaheen, 2012)

<sup>47</sup> (WSP, 2019a)

<sup>48</sup> (BlaBlaCar, 2020)

<sup>49</sup> (Pratt, Morris, Zhou, Khan, & Chowdhury, 2019)

### 2.2.1 Acceptans och System Dynamics-modellen

Litteraturgenomgången ovan gör inte anspråk på att vara heltäckande, samtidigt är en slutsats utifrån denna att den litteratur som finns på området är begränsad. Även om det finns förhållandevis mycket skrivet, så bygger det i hög grad på antingen modeller eller små urval av faktiska resenärer, ofta på teststräckor i förhållandevis enkla trafikmiljöer. Den data som finns angående delning handlar i huvudsak om delade taxibilar eller mindre bussar, och litteraturen om delning av större obemannade fordon är mycket begränsad. De studier som finns tyder sammantaget på att benägenheten att dela är beroende av flera faktorer, dels kvantifierbara sådana så som pris och väntetid, dels acceptansen för att dela utifrån exempelvis trygghetsaspekter.

Generellt saknas också kvantifiering av delning och trygghet även i konventionella bemannade fordon. Det undantag som finns är den värdering av trygghet i olika miljöer på väg till och från hållplats som återfinns i Trafikverkets handledning för samhällsekonomiska kalkyler, ASEK.<sup>50</sup> Eftersom andra värden saknas har dessa använts som grund för antaganden kring delning av olika automatiserade fordon i de modellanalyser som görs i denna rapport, detta beskrivs vidare i avsnitt 3.1.

Det är sannolikt att frågan om trygghet och acceptans när det gäller delade förarlösa fordon kommer att vara aktuellt, inte minst då debatten om övervakning av dagens kollektivtrafiks system blivit mer aktuell i närtid.<sup>51 52</sup> Samtidigt visar flera tidigare studier att resenärer, framförallt inom vissa grupper, upplever störst otrygghet på vägen till och från kollektivtrafiken. Beroende på hur automatiserade fordon utformas är det därmed tänkbart att dessa också kan minska otryggheten i transportsystemet, om de möjliggör en högre grad av resor dörr till dörr.

## 2.3 AUTOMATISERINGENS BETYDELSE FÖR KOLLEKTIVTRAFIKENS KOSTNADER

Det är sannolikt att automatiseringen kommer påverka kostnaden för kollektivtrafiken, och för andra transporter, på flera sätt. Den effekt som är mest uppenbar, och som återkommer oftast i litteraturen, är minskade förarkostnader. Samtidigt finns det många andra aspekter, både direkt och indirekt, som kan komma att påverkas av automatiseringen, och som kan medföra såväl ökade som minskade kostnader. I följande avsnitt redogörs för tänkbara effekter för den traditionella kollektivtrafiken, samt vilka implikationer detta får i de modelleringar som görs senare i denna rapport. Detta bygger på tidigare litteratur samt intervjuer med representanter för två kollektivtrafikoperatörer<sup>53</sup>.

Medan den kommersiella kollektivtrafiken inom buss- och tågtrafiken finansieras helt genom biljettintäkter, finansieringen de regionala kollektivtrafikmyndigheternas kollektivtrafik ungefär till hälften av bidrag (skattemedel) från regioner, kommuner och staten, och till hälften av affärsintäkter från själva tjänsten som kollektivtrafiken erbjuder, resan. Dessa affärsintäkter är till största del biljettintäkter men rymmer även andra

<sup>50</sup> Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn (Trafikverket, 2018)

<sup>51</sup> (SOU, 2018:62)

<sup>52</sup> (SVT, 2019)

<sup>53</sup> Se Bilaga - Intervjuer



intäktsformer, exempelvis reklamintäkter.<sup>54</sup> Sedan början av 2000-talet har kostnaderna för att bedriva kollektivtrafiken ökat bland de regionala kollektivtrafikmyndigheterna. Mellan åren 2007 och 2017 ökade kostnaderna med mer än 50 procent, samtidigt som ökningen i antalet resor var cirka 30 procent.<sup>55</sup> Även om det finns stora variationer mellan de olika regionerna och mellan färdmedel så finns det ett antal genomgående faktorer som ligger bakom kostnadsökningen. Framförallt rör det sig om ett ökat trafikutbud samt ökade priser för drivmedel, löner och fordonsinköp. Även andra faktorer som exempelvis detaljkrav i utformningsfrågor av fordon eller hållplatser och kvalitetsincitament i trafikavtalen har haft viss påverkan på utvecklingen.<sup>56</sup> För att bedöma vilken effekt en full automatisering av kollektivtrafiken skulle ha på dess kostnader bedöms först hur kostnadsbilden ser ut med dagens utformning.

Det har gjorts ett par studier kring kollektivtrafikens kostnader på ett mer operationellt plan, bland annat har WSP<sup>57</sup> och SKR<sup>58</sup> sammanställt de olika kostnadsposterna som uppstår i trafikproduktionen. I dessa studier framgår det att förarkostnaderna uppgår till cirka 50 procent av de totala operativa kostnaderna inom busstrafiken, medan fordon, underhåll, drivmedel, kapitalkostnader och övriga kostnader är jämnt fördelat med cirka 10–15 procent per kostnadspost. För tågtrafiken varierar kostnadsuppgifterna. En tidigare SKR rapport, baserad på pendeltågstrafiken i Stockholm, visar att förarkostnaderna utgör cirka 20 procent, medan fordonskostnaderna utgör 32 procent. Andra kostnadsposter för tågtrafiken är kostnaderna för stationer och depåer som motsvarar 20 procent samt drivström, banavgifter och övriga kostnader som hamnar i intervallet 5–15 procent. Detta varierar dock över landet, och uppgifter från SJ tyder på att personalkostnaderna i snitt utgör cirka 50 procent av de operativa kostnaderna. Av denna andel är cirka 60 procent förarkostnader och 40 procent är ombordpersonal.<sup>59</sup> De olika kostnadsposterna och dess storlek varierar mellan olika färdmedel, vilken typ av trafik som utförs (regional- eller stadsbusstrafik) och lokala förutsättningar. Genomgående är trots allt att de kostnadsposter som finns för personal och fordon är stora delar i driftsbudgeten.

Kostnaderna för kollektivtrafikbranschen är dock beroende av fler faktorer än de driftskostnader som nämnts ovan. Vid en övergång till full automation inom kollektivtrafiken kommer andra faktorer och områden som är kopplade till kollektivtrafiken att påverkas. I Figur 2 nedan återfinns en sammanställning av kostnadspåverkande faktorer samt kringliggande verksamheter där bedömningen är att viss påverkan kommer ske. Även intäkter för RKM och indirekta kostnader för samhället i stort har tagits med för att illustrera att automatiseringen kan ge effekter för dessa områden. Potentiell påverkan från automatisering illustreras med pilar.

---

<sup>54</sup> SKR, kollektivtrafikens kostnader, 2017

<sup>55</sup> Sveriges bussföretag, goda exempel kan bana väg för bättre offentliga upphandlingar av busstrafik, 2019

<sup>56</sup> SKR, kollektivtrafikens kostnader, 2017

<sup>57</sup> WSP, Särkravens betydelse för busstrafikens kostnader

<sup>58</sup> SKR, Kollektivtrafikens kostnader, 2017

<sup>59</sup> Mailväxling (2020-05-29) med Dan Olofsson, SJ

## Kostnadsfaktorer i kollektivtrafiken

	Busstrafik	Spårbunden trafik
<b>Operativa kostnader</b>		
Fordon		
Personalkostnader (förare)		
Drivmedel		
Underhåll		
Omloppseffektivitet		
<b>Infrastrukturella kostnader</b>		
Utformning och byggnation av vägar och spår		
Underhåll av vägar och spår		
Depåer		
Stationsutformning och rastlokaler		
Hållplatsutformning		
<b>Övriga kostnader</b>		
Övrig personal		
-HR personal		
-Teknisk personal & övriga personalgrenar		
-Stations- och fordonsvärdar		
Avtalsutformning		
Avgifter (banavgifter, vägavgifter)		
Teknisk utrustning för körning m.m		
Teknisk utrustning (visering, info, beställning av resa etc)		
Teknisk utrustning för övervakning (trygghetsfaktorer)		
Trängsel och förseningar		
Störningshantering (ersättningstrafik)		
<b>Intäkter och indirekta kostnader för samhället</b>		
Biljettpriser		
Kommunal, regional och statlig medfinansiering		

### Förklaring till symboler

Kostnaderna bedöms öka	
Kostnaderna bedöms minska	
Kostnaderna bedöms bli oförändrade	
Kostnadsutvecklingen är svår att bedöma, kan öka och minska	

Figur 2: Kostnadsfaktorer i kollektivtrafik, påverkan av automatisering

Flera av de områden och faktorer som lyfts fram i sammanställningen ovan påverkar varandra, och givet den stora osäkerhet som finns kring automatisering är bedömningarna osäkra, samtidigt som det är svårt att uppskatta storleken på antingen kostnadsökningen- eller minskningen.

#### **A. Operativa kostnader**

Inom de operativa kostnaderna ryms kostnader som är kopplade till själva driften av kollektivtrafiken. Fordonen i sig är en central del i automatiseringen och utgångspunkten i denna analys är att fordonen i stor utsträckning kommer att se ut som de gör idag (även om vissa bedömare menar att automatiseringen kommer att medföra fler och mindre fordon<sup>60</sup>). Inköpspriserna för drivmedel förväntas ligga på ungefär samma nivåer som i dagsläget, däremot förväntas automatiseringen, och annan teknikutveckling, leda till en förbättring i effektiviteten, vilket ger en reduktion i mängden drivmedel som behövs för att utföra trafiken. Investeringskostnaden för fordon bedöms också öka, i alla fall inledningsvis.<sup>61 62</sup>

Den största effekten som uppstår till följd av att fordonen blir självkörande är sannolikt att behovet av förare försvinner. Med tanke på att förarna är en betydande kostnadspost<sup>63</sup>, framförallt för buss-trafiken, kommer detta resultera i kraftigt minskade utgifter. Det är dock inte säkert att förarna försvinner helt från fordonen. Det beror på hur policys utformas och hur väl resenärerna tar emot förändringen. Det skulle kunna bli aktuellt att fordonen behöver bemannas av exempelvis fordonsvårdare, vilket skulle leda till att kostnadsbesparingarna blir mindre än om ingen personal alls behövs ombord på fordonen. Som parallell går det exempelvis nämna att det inom flygplansbranschen funnits automation under en längre tid, men flygplan bemannas trots det av två piloter.<sup>64</sup> Med full automatisering försvinner, eller minskar, inte bara behovet av förarpersonal utan även behovet av pauser och raster i omloppet samt tomkörningarna som ofta uppstår i samband med dessa pauser. När detta uteblir är det sannolikt att omloppseffektiviteten ökar och att fordonen i större utsträckning är i trafik istället för att stå stilla. Kan fordonen vara i trafik i större utsträckning är det också sannolikt att färre fordon krävs för att utföra samma mängd trafik. Att fordonen utrustas med ny teknik och är i drift en större del av tiden kan vidare bidra till att öka underhållskostnaderna jämfört med dagens nivåer.

Kostnaderna kommer sannolikt att skilja sig åt mellan kollektivtrafikslagen. De största förändringarna förväntas ske för busstrafiken eftersom personalkostnaderna är en relativt sett större andel av kostnaderna. I delar av den spårbundna trafiken är det vidare möjligt att redan idag trafikera med viss grad av autonomi. Företrädesvis handlar detta om skilda system, exempelvis tunnelbanor.<sup>65</sup>

---

<sup>60</sup> Bösch et. al (2018) menar exempelvis att automatisering kan leda till mindre bussar och högre frekvens.

<sup>61</sup> (Pernestål & Kristoffersson, 2019)

<sup>62</sup> (Pernestål Brenden & Kristoffersson, 2018)

<sup>63</sup> SKR, kollektivtrafikens kostnader, 2017

<sup>64</sup> (BBC, 2020)

<sup>65</sup> (UITP, 2018)

## B. Infrastrukturella kostnader

Detta område berör den kringliggande infrastrukturen som kollektivtrafiken nyttjar och behöver för att kunna fungera. Det är komplicerat att bedöma huruvida den infrastruktur som kollektivtrafik på väg och spår använder sig av kommer förändras.

För vägtrafiken beror det till stor del på vilka tekniska lösningar som möjliggör att busstrafiken är helt automatiserad, särskilt i en övergångsfas. Skulle det krävas större strukturförändringar av transportsystemet kommer detta medföra kostnader. Det finns dock två faktorer där kostnaderna förmodligen kommer minska, det är dels behovet av lokaler för personal, även om visst personalbehov kan kvarstå, dels depåer, där möjlighet för effektivisering kan uppstå. Bland annat genom den dagliga verksamheten på depån effektiviseras när bussarna kör sig själva, dels genom att det går att använda ytorna mer effektivt, dels för att depåerna kan placeras på mindre attraktiva lägen eftersom det inte kommer krävas stora inflöden av personal till depåerna.<sup>66</sup>

Det går även att tänka sig att underhållet för vägar och gator där autonoma fordon trafikerar behöver öka, vilket i sig kan leda till högre kostnader. Om tekniken som styr körspåren för fordonen blir väldigt exakt kan detta resultera i att vägarna slits ut snabbare. Samtidigt kan den förbättrade styrningen av fordonen också leda till färre påkörningar av exempelvis kantsten och vägräcken, som då resulterar i minskade utgifter. Det kan också uppstå behov av exempelvis tätare och bättre snöröjning, för att de autonoma fordonen ska klara av att trafikera utifrån sin programmerade rutt.<sup>67</sup>

## C. Övriga kostnader

Övriga kostnader är företrädesvis kringliggande faktorer som direkt eller indirekt påverkar kostnadsbilden för kollektivtrafikbranschen. Särskilt viktigt att belysa är kostnaderna som rör personalen, något som lyftes i diskussionen kring förare ovan. Den andra delen kring personal berör kringliggande personal. I ett scenario där förarna försvinner och de inte används för andra uppgifter kommer behovet av exempelvis HR-personal minska, även andra tjänster hos de regionala kollektivtrafikmyndigheterna och trafikoperatörerna kan beröras. Samtidigt tillkommer sannolikt nya roller, exempelvis personal med den tekniska kompetens som krävs för driften av de nya fordonen. Jämför vi den generella lönebilden mellan en buss-, spårvagns- eller tunnelbaneförare och en tekniker eller IT-utvecklare är det osäkert hur stora kostnadsbesparingar som kommer realiseras, eftersom dessa yrken har väsentligt högre löner.<sup>68 69</sup>

---

<sup>66</sup> (Ny Teknik, 2019)

<sup>67</sup> (Litman T. , 2019)

<sup>68</sup> (Nobina, 2020)

<sup>69</sup> (SACO, 2020)

## D. Intäkter och indirekta kostnader för samhället

I detta avsnitt finns de faktorer som både kan klassas som intäkter och kostnader. Detta är biljettpriser och den statliga medfinansieringen som kollektivtrafikmyndigheterna företrädevis får från regionerna, kommunerna och staten. Biljettpriserna är en intäkt för kollektivtrafikmyndigheterna och de kommersiella trafikföretagen, å andra sidan medför skattesubventioneringen av de regionala kollektivtrafikmyndigheternas kollektivtrafiken en utgift för samhället i stort, dessutom kostar det även pengar för resenärer som nyttjar kollektivtrafiken för att resa. En stor drivkraft kring en eventuell automatisering av kollektivtrafiken är att det ska leda till kostnadseffektiviseringar för branschen som helhet. Om detta uppnås finns det sannolikt möjligheter för att antingen biljettpriserna eller subventioneringen kan reduceras, eller att utbudet kan ökas.

Det finns en väldigt stor osäkerhet i hur alla dessa kostnadsfaktorer kommer att påverkas. Det medför att det är svårt att dra några konkreta slutsatser i hur utfallet för kostnaderna kommer bli. Det handlar till stor del i hur vi väljer att utforma transportsystem, vilka styrmedel som kommer finnas och hur resenärerna kommer motta denna utveckling. Sammantaget bedöms kostnaderna för kollektivtrafiken kunna minska till följd av automatisering, men hur personalsammansättningen och hur störningskänslig tekniken är kommer vara avgörande. Stora osäkerheter finns också när det gäller att gå från dagens nivåer till fullständig automatisering kommer kräva stora insatser och investeringar, samtidigt som många hinder på vägen behöver redas ut. Utmaningen ligger i att göra korrekta bedömningarna av storleken på eventuella kostnadsökningar eller minskningar.

### 2.3.1 Kostnadsantaganden till System Dynamics-modellen

En av de huvudsakliga nyttorna av automatisering för kollektivtrafiken är minskade kostnader, till följd av ett minskat behov av förare. Uppgifter kring fördelning av kollektivtrafikens kostnader varierar, och beror på vad som inkluderas (exempelvis mellan drifts- och investeringskostnader). En återkommande siffra för busstrafik är att cirka 50 procent av kostnaderna utgörs av kostnader för förare. För tågtrafik är motsvarande andel för förare och ombordpersonal mellan 20 och 50 procent.<sup>70 71</sup>

I den System Dynamics-modell som använts antas att kostnadsbesparingen till följd av automatisering för kollektivtrafiken är 51 procent<sup>72</sup>. Detta bygger i på kostnadsandelar utifrån en rapport från SKR samt information från SJ, men som diskuterats ovan är andelarna i andra studier snarlika.<sup>73</sup> Liknande antaganden avseende kostnadspåverkan från automatisering har även gjorts i andra studier.<sup>74 75 76</sup>

---

<sup>70</sup> (Svensk Kollektivtrafik, 2017)

<sup>71</sup> Mailväxling (2020-05-29) med Dan Olofsson, SJ

<sup>72</sup> Siffran är framtagen utifrån löneandelar i SKR (2017) för buss (55 %), tunnelbana (51 %) och spårväg (50 %) samt kostnadsuppgifter från Dan Olofsson, SJ (32,5 % för lokförare) för tåg. Kostnaderna har viktat utifrån personkilometer för olika färdmedel utifrån uppgifter från Trafikanalys (2019a) (2019b)

<sup>73</sup> (SKR, 2017)

<sup>74</sup> Intervju Erik Almlöf

<sup>75</sup> (Svensk Kollektivtrafik, 2017)

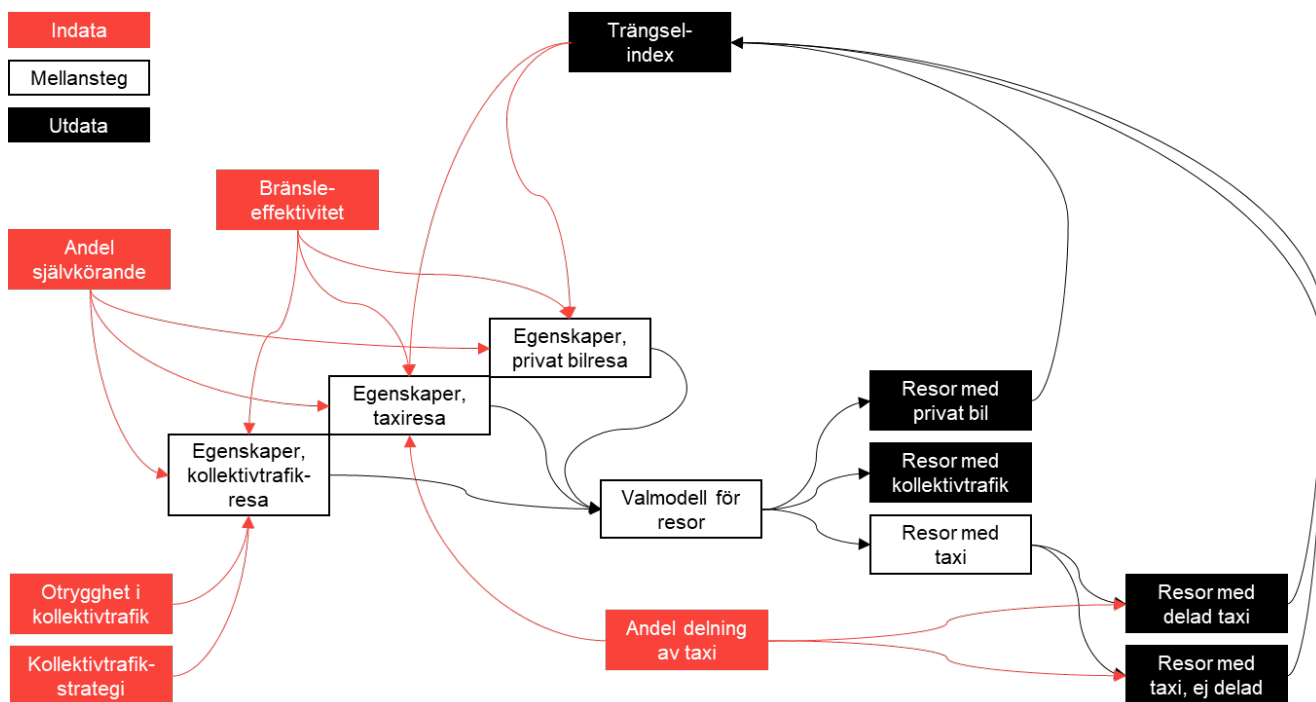
<sup>76</sup> (Pernetstål Brenden & Kottenhoff, 2017)



# 3 RESANDET MED AUTONOMA FORDON

## 3.1 SYSTEM DYNAMICS-MODELLEN

Huvuddelen av analysen kring resande med förarlösa fordon har gjorts med en av WSP framtagen System Dynamics-modell. System Dynamics ett angreppssätt för att med hjälp av sammanlänkade matematiska samband analysera komplexa dynamiska system, det vill säga system med flera av varandra beroende faktorer och effekter. I figuren nedan (Figur 3) återges de stora dragen av System Dynamics-modellen som använts för beräkningarna. Indata som använts för att styra de olika framtidsscenarierna är markerade med rött, och beskrivs under var sin underrubrik nedan. De huvudsakliga resultatvariablerna är markerade med svart. De viktigaste mellanliggande variablerna eller stegen är markerade med vita boxar. I modellen utgörs i själva verket varje vit och röd box av flera olika parametrar och variabler som tillsammans beskriver den storhet som representeras av boxen i Figur 3.



Figur 3: Konceptuell bild av System Dynamics-modellen med av varandra beroende effekter

Viktiga faktorer att ha i åtanke när resultaten av modellen tolkas inkluderar:

- Modellen tar endast hänsyn till varje färdsets *andel* av totalt resande. Eventuellt ökat eller minskat totalt resande jämfört med nuläget modelleras inte. Särskilt resultaten om klimatpåverkan och trängsel måste ses i ljuset av detta.
- Analysen gäller ett framtidsscenario där två element existerar som inte finns i nuläget i någon nämnvärd utsträckning: självkörande fordon och delade taxitjänster. Analysen rör effekter av självkörande fordon, vilket indikerar att scenariot ska jämföras med ett nuläge där

självkörande fordon inte finns. Vi har därför valt att studera utvecklingen över tid, där utgångsläget ska återspegla dagens situation, utan varken självkörande fordon eller delade taxitjänster. Vi inför sedan båda dessa element. Först införs delade taxitjänster vilket i sig har en påverkan på de andra färdsetten. Därefter införs självkörande fordon. Slutresultatet blir därför en effekt av båda dessa förändringar.

- Modellen beräknar *inte* hur konkurrensen mellan delade och konventionella taxitjänster utfaller<sup>77</sup>. Istället är detta en indataparameter, i formen "andel av alla taxiresor som görs delat/i samåkning". Alla resultat redovisas därför med olika antaganden när det gäller grad av delning.
- Förutsättningarna för olika färdmedel, och därmed resandets fördelning på olika färdset, skiljer sig åt beroende på hur tätbefolkad en region är. Därmed blir dynamiken i anpassningen, och automatiseringens effekter också olika. Beräkningarna har därför gjorts två gånger, med två olika kalibreringar av modellen: en som skall beskriva vilka effekter som kan förväntas i en storstadsregion och en annan för en mer blandad region (hädanefter kallad mellanregion), med glesbygd och enstaka stora eller mellanstora städer.

En lista på mer generella antaganden i modellen, som är samma för alla scenarier, återfinns i Bilaga - Modellantaganden.

---

<sup>77</sup> Detta eftersom System Dynamics-modellen inte är anpassad för detta och en sådan anpassning hade varit allt för omfattande givet den här rapportens omfattning.

### 3.1.1 Andel självkörande fordon

Analysen gäller en framtid där 100 procent av alla fordon är självkörande. Men eftersom den ska jämföras med ett nuläge utan självkörande fordon behövs en övergång. Den har här representerats av en gradvis övergång över 10 år<sup>78</sup>, från 0 procent självkörande fordon till 100 procent, med en linjär årlig ökning däremellan (se Figur 4 nedan). Alla typer av fordonsflottor som är relevanta för analysen (privata bilar, kollektivtrafikfordon samt taxibilar) antas automatiseras i samma takt. Egenskaperna för resor med de olika färdssätten beror i modellen på andelen av flottan som är självkörande och attraktiviteten för respektive färdssätt beräknas baserat på dess genomsnittliga egenskaper (viktat genomsnitt mellan självkörande och ej självkörande fordon).



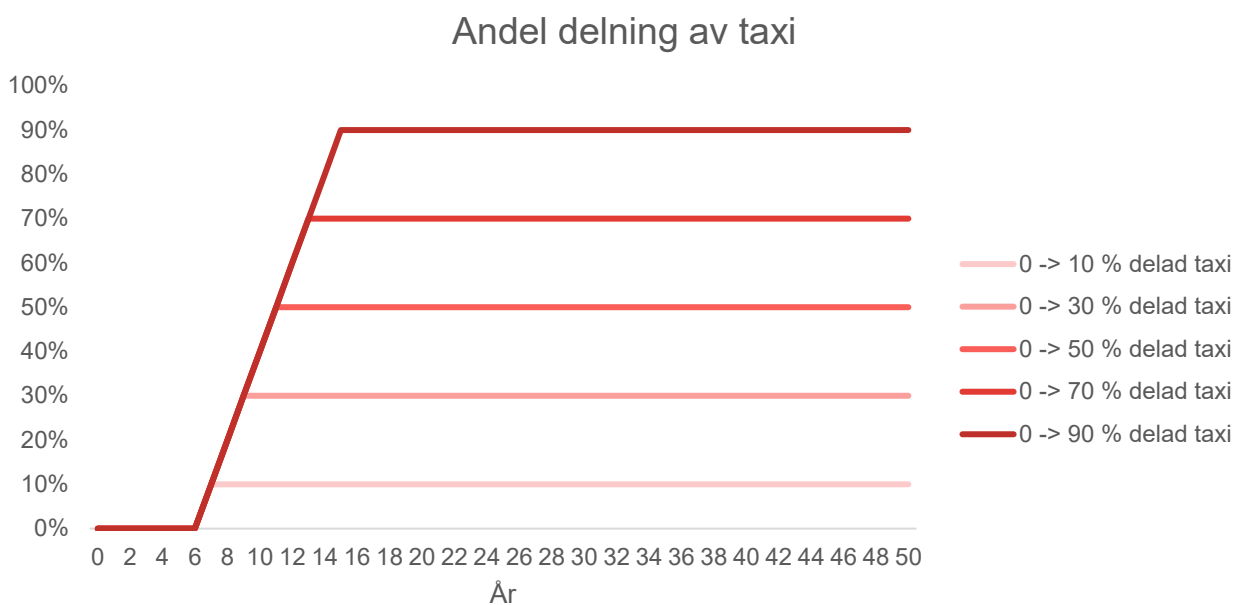
Figur 4: Gradvis införande av självkörande fordon över tid, som andel av alla fordon (privat bil, kollektivtrafikfordon samt taxibilar)

<sup>78</sup> Detta är dock ett förenklat antagande. Givet fordons tekniska livslängd kommer övergången sannolikt ta längre tid och ske mer gradvis.

### 3.1.2 Andel delning av taxi

Som nämnts ovan, hanteras de två färsätten taxi och delad taxi gemensamt i modellen. För att hantera skillnaden mellan de två färsätten, finns en indataparameter som representerar andelen av alla taxiresor som görs med delning, det vill säga att resenären samåker med en annan resenär i taxin. Detta påverkar (1) priset för taxiresan, som blir lägre vid delning, (2) restiden för taxi, som blir längre vid delning, och (3) mängden trafikarbete (fordonskilometer) som taxiresorna ger upphov till, som blir lägre vid delning. Parametern påverkar alltså attraktiviteten för taxiresor generellt, men även vilken effekt taxiresorna får på trängsel. Vilket värde som väljs för graden av delning har stor effekt på slutresultaten. Därför har alla resultat redovisats med flera olika modellkörningar, där graden av delning varierar mellan 10 och 90 procent.

Eftersom delade taxitjänster i nuläget står för en minimal andel av totalt resande, har det modellerats som ett nytt färsätt som, liksom självkörande fordon, införs vid ett visst år i framtiden och växer gradvis över tid. Även här har antagits en linjär ökning med 10 procent per år, upp till den nivå som satts av indataparametern. I Figur 5 visas indataparameterens värde över tid i fem olika scenarier.



Figur 5: Gradvis ökning av användandet av delade taxitjänster som nytt färsätt, i fem olika scenarier (mellan 10 och 90 procent)

### 3.1.3 Otrygghet i kollektivtrafiken

En parameter som bedöms påverka attraktiviteten för olika färdssätt är acceptansen för att dela ett förarlöst fordon med främlingar. Denna faktor påverkar färdssätten kollektivtrafik och delad taxi (men inte privat bil eller ej delad taxi). Eftersom användandet av delad taxi inte modelleras, utan hanteras som en indataparameter enligt ovan, kommer otrygghetsfaktorn bara in i modelleringen av kollektivtrafikens attraktivitet. Det är alltså en faktor som användaren bör ta i beaktande när hen väljer värde för indataparametern för delning av taxitjänster.

Acceptansen för att dela förarlösa fordon med personer man inte känner bygger på underlag från Trafikverkets handledning för samhällsekonomiska beräkningar, ASEK.<sup>79</sup> Värderingen bygger på en studie av Börjesson (2012), i vilken man fann samband mellan kvinnors tidsvärden och trygghetsrelaterade förhållanden (för män fanns signifikanta effekter, men sambanden var betydligt svagare).<sup>80</sup>

Tabell 2: Vikter för kvinnors värdering av gångtid<sup>81</sup>

Gångmiljö	Relativ vikt (jämfört med öppen/ljus)
Öppen, ljus	1,0
Sluten, ljus	1,35
Öppen, mörk	1,5
Sluten, mörk	1,85

Vikterna ovan är tidsvärden, vilket medför att gångtid i en öppen mörk miljö (för kvinnor) anses lika besvärande som 1,5 gånger så lång gångtid i en öppen ljus miljö.

I modellen har värdena i tabellen använts utifrån antagandet att ett större delat förarlöst kollektivtrafikfordon (exempelvis en buss) motsvarar en sluten ljus miljö. För att representera att effekten är skattad endast för halva befolkningen (kvinnor) har effekten sedan halverats. Det innebär att den negativa värderingen av restid med kollektivtrafik har multiplicerats med  $(1 + 0,35/2)$  för förarlös kollektivtrafik jämfört med kollektivtrafik med förare. Känslighetsanalyser har även gjorts för 0 respektive 15 procents påslag på värderingen (istället för 35 procent) men det har inte påverkat resultatet i sådan utsträckning att slutsatserna av modelleringen har ändrats.

<sup>79</sup> (Trafikverket, 2018)

<sup>80</sup> (Börjesson, 2012)

<sup>81</sup> ASEK 6.1 Tabell 17.2

### 3.1.4 Kollektivtrafikstrategi och bränsleeffektivitet

Som diskuterats tidigare kommer införandet att förarlösa fordon att påverka kollektivtrafikens kostnader. Som diskuterats i avsnitt 2.3 är det oklart exakt hur denna påverkan kan komma att se ut, och detta kan komma att bero på flera faktorer, så som behov av ombordpersonal, eventuella förändringar i infrastruktur och drivmedel med mera. I modelleringen i den här rapporten görs de förenklade antagandena att:

1. Automatiseringen medför att inga lönekostnader belastar driften av kollektivtrafiken. Som framgår av diskussionen i avsnitt 2.3.1 antas lönekostnader utgöra 51 procent av driften, vilket innebär att upp till 51 procent av de operativa kostnaderna i modellen har använts till att höja kollektivtrafikens attraktivitet på olika sätt enligt nedan, då de självkörande fordonen införs.<sup>82 83</sup>
2. Automatiseringen medför att inga lönekostnader belastar driften av taxitjänster (delade och ej delade). Detta medför att då fordonsflottan automatiseras, sänks de operativa kostnaderna.<sup>84</sup>
3. Automatiseringen medför att fordons bränsleeffektivitet förbättras med upp till 20 procent.<sup>85</sup> Det medför att de operativa kostnaderna för kollektivtrafik sänks med upp till 2,8 procent<sup>86</sup> (vilket utnyttjas på samma sätt som för punkt 1), likaså sänks de operativa kostnaderna för taxitjänster, (vilket utnyttjas på samma sätt som för punkt 2) samt kostnaderna för att resa med privat bil. Denna punkt höjer alltså attraktiviteten för samtliga färdssätt, men i olika utsträckning. Känslighetsanalyser har gjorts där bränsleeffektiviteten förbättras med 70, 40 respektive 10 procent. Detta påverkar inte resultaten nämnvärt för storstadsregionen, däremot hade det viss påverkan på resultaten för mellanregionen.

Automatiseringen kommer alltså att medföra vissa besparingar. Det är dock osäkert hur den i sin tur kommer att påverka kollektivtrafikens standard. Det är tänkbart att de minskade kostnaderna skulle kunna användas på flera sätt, exempelvis till att sänka biljettpriser, minska subventionsgraden, öka bekvämligheten i fordon eller utöka kollektivtrafiken. Det är vidare sannolikt att besparingarna skulle användas på olika sätt av olika regionala kollektivtrafikmyndigheter, och av olika kommersiella aktörer. I den här rapporten görs två förenklade antaganden. I grundscenariot antas, något förenklat, att hela besparingen går till att utöka kollektivtrafiken, det vill säga erbjuda mer kollektivtrafik. Detta medför att kollektivtrafiken utökas med motsvarande besparing ovan. Detta kräver dock i sin tur ett antagande om

---

<sup>82</sup> (SKR, 2017)

<sup>83</sup> Intervju Erik Almlöf

<sup>84</sup> Uppskattningar kring vilken effekt automatisering kommer att få för taxi-kostnader varierar, i likhet med det som diskuterats för kollektivtrafiken. Pernestål Brenden och Kristoffersson pekar, i en metastudie av tjugosex forskningsartiklar som har analyserat självkörande fordon genom att använda modellsimulationer, på att driftskostnaderna för förarlös taxi beräknas till cirka 3–6 kronor/kilometer i de flesta artiklarna och för delad förarlös taxi till cirka 1,5–4,5 kronor/kilometer).

<sup>85</sup> Tidigare studier visar på en förhållandevis stor variation i potentiell bränsleeffektivisering. 20 procent är ett antagande som gjorts i samråd med Partnersamverkan.

<sup>86</sup> 20 procent av 14 procent. 14 procent beräknas från att 19 procent av de operativa kostnaderna för bussdrift kommer från bränsle (SKR, 2017), och att 72 procent av kollektivtrafikens fordonskilometrar utförs med buss (som andel av den subventionerade trafiken enligt Trafikanalys (2019a) tabell 7).

hur en utökning av kollektivtrafiken påverkar resenärerna. Det går att anta att en utökning kan påverka resandet på tre sätt:

- Ökad turtäthet på befintliga linjer, vilket leder till minskad väntetid.
- Ökad täthet i kollektivtrafiknätverket, vilket leder till minskad gångtid till hållplats.
- Ökat antal direkta linjer, vilket leder till minskad restid.

En dryg halvering av kostnaderna skulle enligt resonemanget ovan exempelvis kunna användas till att köra dubbelt så mycket trafik på befintliga linjer, med halverad väntetid som följd. Eftersom det som ovannämnt är svårt att utröna exakt hur besparingarna skulle användas har det antagits medlen fördelas mellan ökad turtäthet och minskad gångtid. Vid 50 procents besparingar antas alltså att både väntetiden och gångtiden minskas med 25 procent. Detta antagande används för kollektivtrafiken i samtliga modellkörningar där inget annat anges.

I ett alternativt scenario antas dock att besparingarna istället används till att sänka biljettpriserna i motsvarande grad. Det har även gjorts känslighetsanalyser där besparingarna inte används till att öka kollektivtrafikens attraktivitet utan istället minska skattesubventionerna, detta innebär i princip att besparingarna inte får någon effekt på kollektivtrafiken<sup>87</sup>.

Det bör noteras att för taxi antas motsvarande besparingar tas ut som minskat pris. Det är dock tänkbart att effekten av kostnadsminskningar kommer variera även på taximarknaden, och exempelvis kan resultera i exempelvis ett bredare utbud eller större vinster för taxioperatörerna. Man bör vidare ha i åtanke att även om alla fordon blir självkörande, kommer troligtvis annan personal, till exempel ombordpersonal, och eventuellt investeringar i utrustning och system ändå krävas, vilket gör att besparingen antagligen inte blir så stor som har antagits här (se även avsnitt 2.3 för ytterligare diskussion kring detta).

---

<sup>87</sup> Istället antas att de pengar som sparas hamnar någon annanstans, exempelvis som skattesänkningar eller ytterligare investeringar i någon annan del av det offentliga. Det har inom ramen för denna rapport inte gjorts någon noggrannare analys av vad detta skulle få för effekter.



### 3.1.5 Storstadsregion och mellanregion

Som nämnts ovan har alla beräkningar gjorts två gånger, en gång för att fånga dynamiken i en storstadsregion och en gång för en mellanregion, vilket representerar en region med glesbygd men även enstaka större eller mellanstora städer. I Bilaga – Modellantaganden redogörs för de modellparametrar som använts för att definiera de två regiontyperna. Observera att modellen endast omfattar resor över fem kilometer, och att värdena i tabellen alltså gäller genomsnitt bortsett från kortare resor.

För storstadsregionen har värden hämtats framför allt från LuTrans-modellen för Stockholm. För att skapa en mellanregion har tre resvaneundersökningar innefattande regionerna Blekinge, Jönköping, Kalmar, Kronoberg och Örebro sammanställts och utifrån dem har uppskattningar för resor över fem kilometer gjorts.<sup>88 89 90</sup>

## 3.2 RESULTAT, SYSTEM DYNAMICS-MODELL

De huvudsakliga resultaten som presenteras här är färdmedelsandelar för privat bil, kollektivtrafik, delad och ej delad taxi över tid: från nuläge (då varken delad taxi eller självkörande fordon existerar), via ett läge då delad taxi finns och används i olika utsträckning, därefter via införandet av självkörande fordon över tio år, till slutläget.

I varje diagram finns flera utvecklingsbanor. De motsvarar olika scenarier, eller modellantaganden, gällande graden av delning av taxitjänster samt kollektivtrafikstrategi som beskrivits ovan. Vidare presenteras också resultaten för både storstadsregionen och mellanregionen.

I Figur 6 visas färdmedelsandelar i storstadsregion med olika grad av delning av taxiresorna. Vi ser att taxitjänsterna i samtliga fall tar marknadsandelar av både kollektivtrafiken och de privata bilresorna. Det beror på att de blir billigare i och med både delning och automatisering. Ju högre grad av delning, desto fler resenärer väljer taxi istället för egen bil eller kollektivtrafik. Störst blir konkurrensen med privat bil. För kollektivtrafiken ser det lite annorlunda ut. Kollektivtrafiken klarar sig bäst i scenarier med låg till medelhög delning (10–50 procent). Det beror på att sambanden i modellen inte är linjära. När taxi- och bilresande ökar så ökar trängseln, vilket dämpar den fortsatta ökningen. Högre grad av delning minskar den här självreglerande effekten: när fler färdas i samma taxi minskar påverkan på trängsel, och biltrafiken stärker sin konkurrenskraft. Det antas förenklat i analysen att kollektivtrafiken varken påverkas av eller bidrar till trängseln.

Oavsett graden av delning så förlorar kollektivtrafiken i storstadsregionen cirka 20–50 procent av sina resor jämfört med nuläget. Bilresorna minskar med minst 35 procent, men vid hög grad av delning så försvinner i princip resandet med privat bil.

Motsvarande resultat för mellanregionen finns i Figur 7. Där har kollektivtrafiken en mycket lägre andel i utgångsläget. Även där finns endast 30–55 procent av dessa resor kvar efter automatiseringen. Det finns en kraftig konkurrens mellan privat bil och taxiresor även i denna typregion.

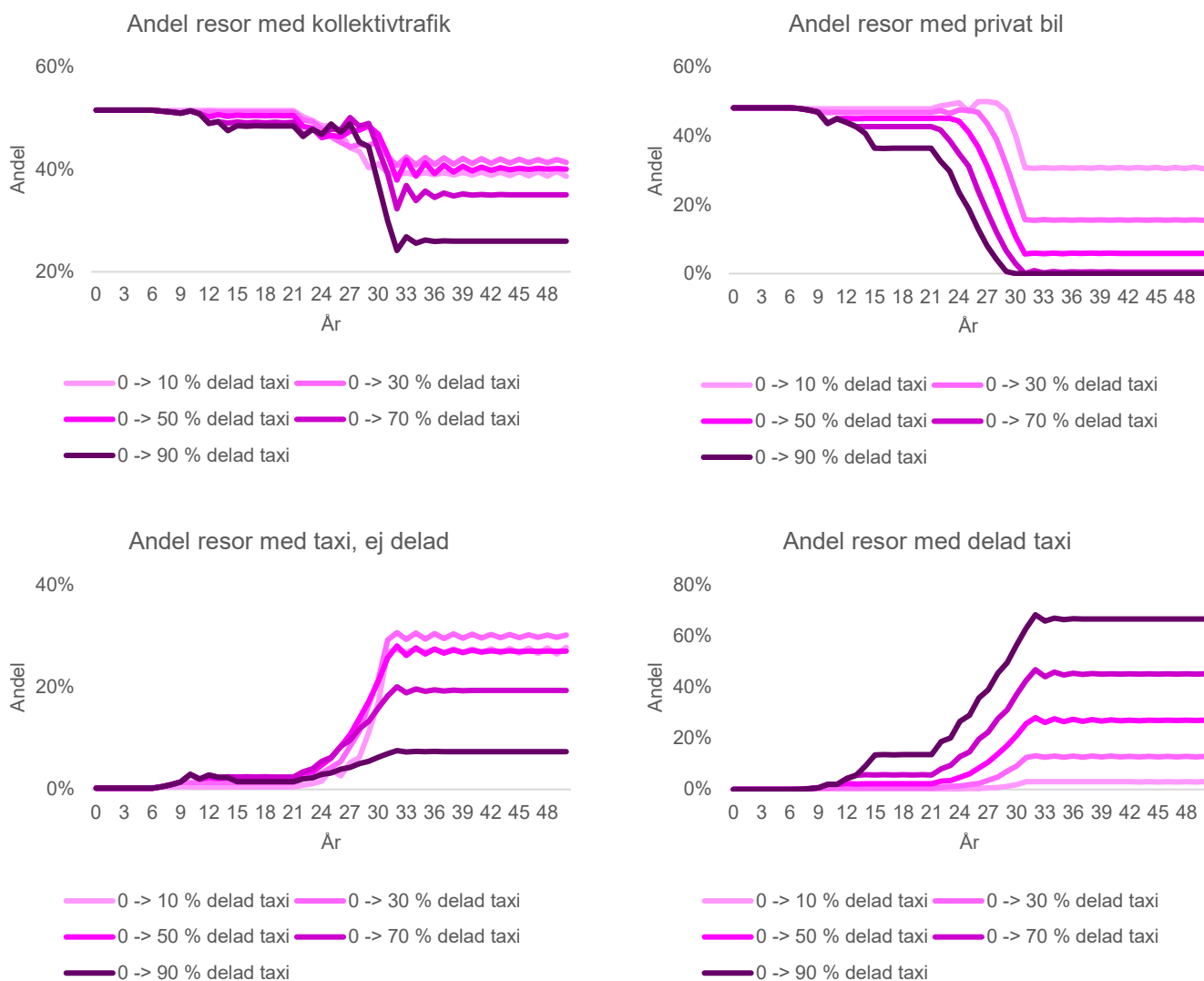
---

<sup>88</sup> (Trafikverket, 2012)

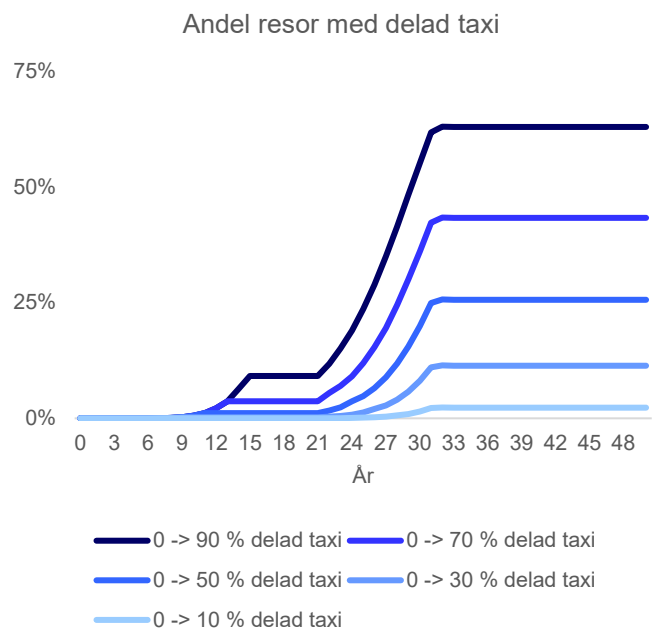
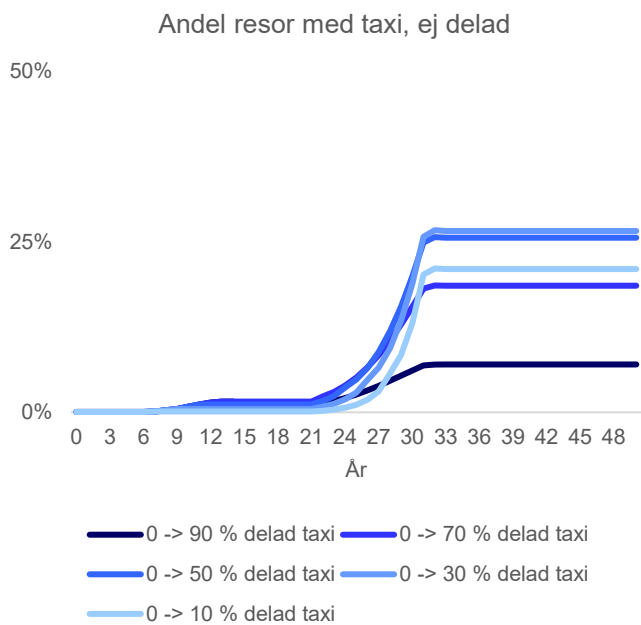
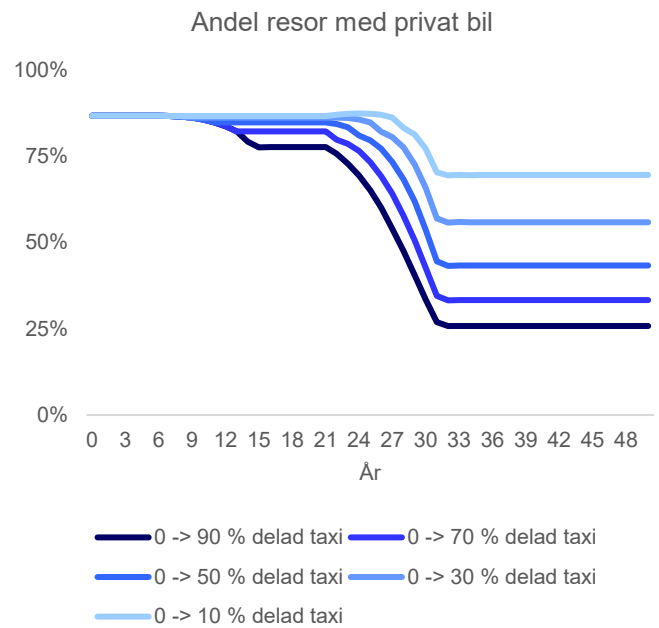
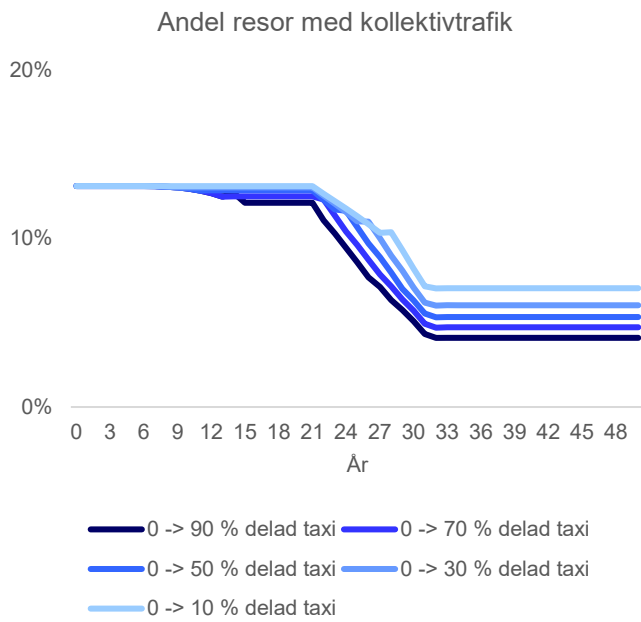
<sup>89</sup> (Region Blekinge, 2020)

<sup>90</sup> (Region Örebro län, 2017)

I samtliga scenarier i Figur 6 och Figur 7 antas att besparingarna av operativa kostnader i kollektivtrafiken används till att förbättra utbudet så som beskrivits i avsnitt 3.1 ovan.



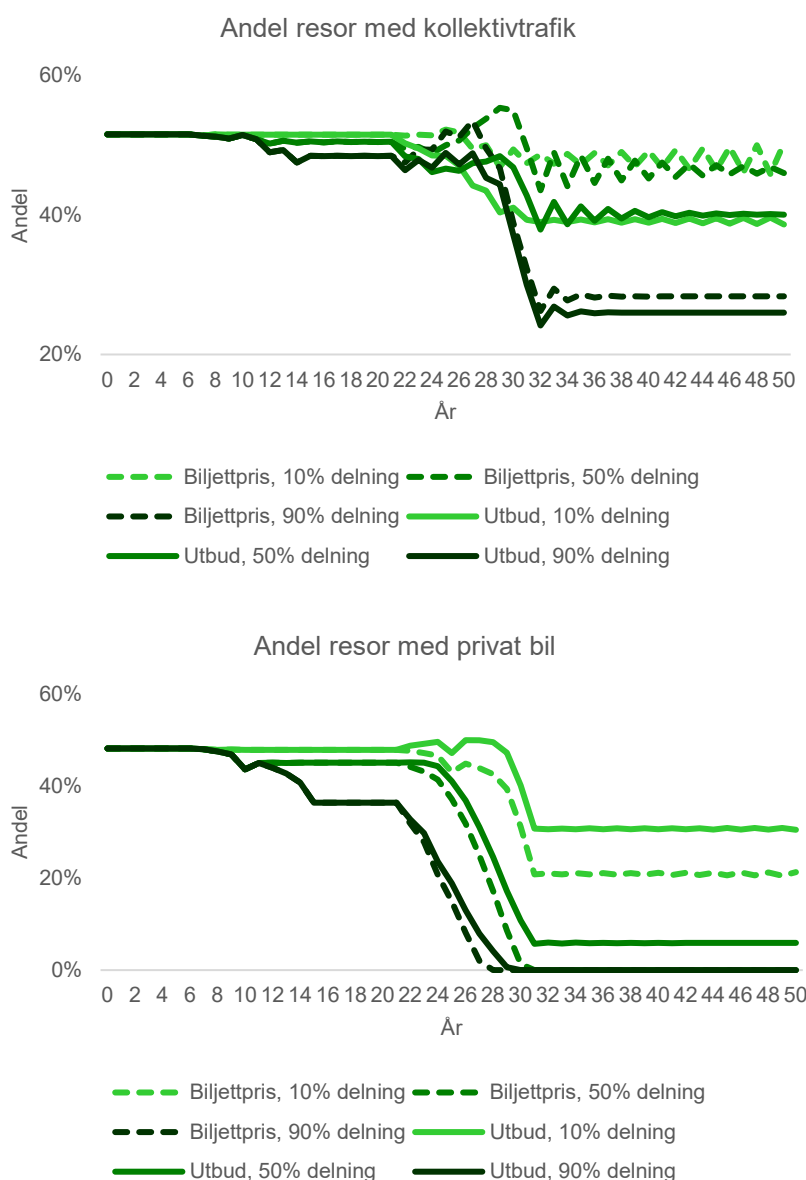
Figur 6: Andel av resor med de olika färdssätten i en **storstadsregion**. De olika scenarierna (graferna i respektive diagram) representerar olika grad av delning i autonoma taxitjänster. Avser resor över 5 km, utgångsläget är kalibrerat för dagens färdmedelsfördelning i Stockholm.



Figur 7: Andel av resor med de olika färsätten i **mellanregionerna**. De olika scenarierna (graferna i respektive diagram) representerar olika grad av delning i autonoma taxitjänster.

I Figur 8 visas skillnaden i utfall för färdmedelsandelar för kollektivtrafik och privat bil i storstadsregionen, beroende på om det satsas på förbättrat utbud eller lägre biljettpriser. De streckade graferna representerar sänkta biljettpriser medan de heldragna graferna representerar ökat kollektivtrafikutbud. Påverkan på andelarna är relativt stor, och sänkta biljettpriser verkar hindra minskningen av kollektivtrafiken mer än det ökade utbudet, oavsett graden av delning i taxitjänsterna. Andelarna för taxitjänsterna påverkas inte nämnvärt och har därför utelämnats.

För mellanregionen kan man inte se stora effekter av vilken kollektivtrafikstrategi som väljs (ökat utbud, lägre biljettpris eller minskade subventioner) på färdmedelsfördelningen i stort. Däremot kan kollektivtrafikens (lilla) marknadsandel i slutläget ändå påverkas mycket i relativa termer.



Figur 8: Fördjupning; andel av resor med de olika färdssätten i en **storstadsregion**. De olika scenarierna (graferna i respektive diagram) representerar olika grad av delning i autonoma taxitjänster **samt olika kollektivtrafikstrategier**. För taxitjänster (delade eller ej) är skillnaden i marknadsandel mellan olika kollektivtrafikstrategier marginell, varför de inte tagits med här.

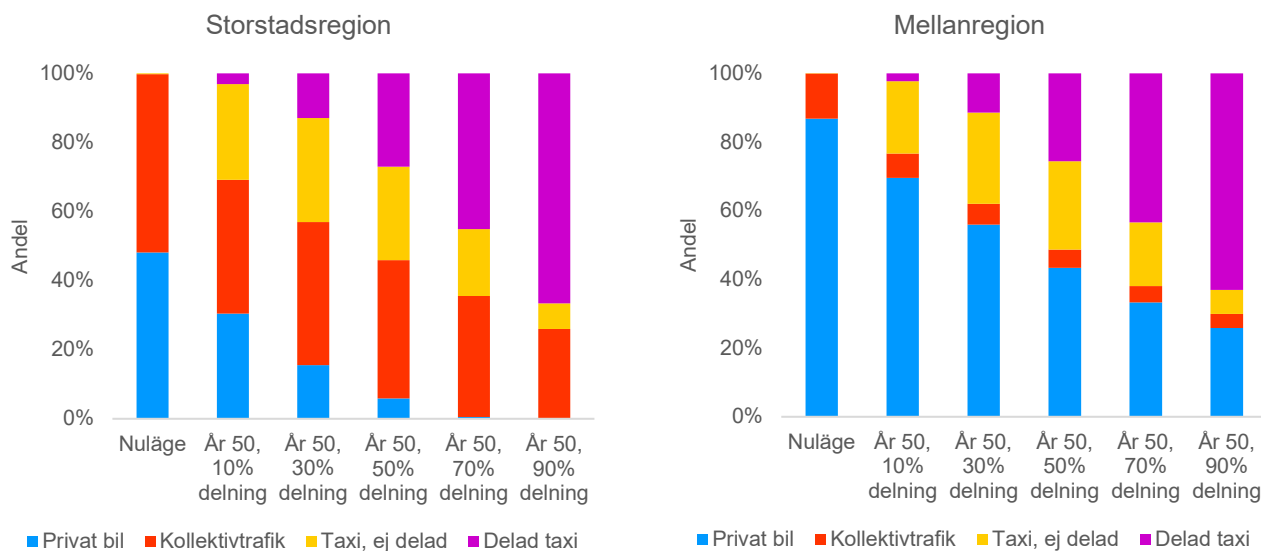
## 4 ANALYS AV EFFEKTER

### 4.1 RESANDET MED OCH KONKURRENSEN MELLAN OLIKA FÄRDMEDEL

I Figur 9 och Figur 10 visas resultat av beräkningarna. Beräkningsmodellen skiljer dock endast på färdstätt privat bil, kollektivtrafik (både buss och spårtrafik sammanlagt), taxi samt delad taxi. Flera olika scenarier har undersökts. Den främsta skillnaden mellan dem är hur stor graden av delning av taxiresor kommer bli i framtiden samt hur besparingarna inom kollektivtrafiken används (ökat utbud eller sänkta priser).

I Figur 9 visas fem scenarier: 10 procent av alla taxiresor är delade/samåkning, respektive 30, 50, 70 och 90 procent. Till vänster visas resultat för en storstadsregion och till höger för en mellanregion med enstaka städer. I samtliga fall tar taxitjänsterna (delade eller ej) stora marknadsandelar när självkörande fordon införs. Ju större grad av delning, desto mer konkurrenskraftiga blir taxitjänsterna. Det beror främst på att priserna minskar vid delning (utöver den prisminskning som automatiseringen medför). I storstadsregionen behåller kollektivtrafiken en stor andel (dock mindre än idag) medan konkurrensen främst sker med privat bil.

I mellanregionen har bilen en mycket större marknadsandel i nuläget, av vilken en ganska stor andel tappas till taxitjänsterna. Men även kollektivtrafiken utsätts för kraftig konkurrens, och hamnar på mycket små marknadsandelar.



Figur 9: Fördelning mellan färdstätt för olika grad av delning av taxitjänster. Storstadsregion till vänster, mellanregion till höger.

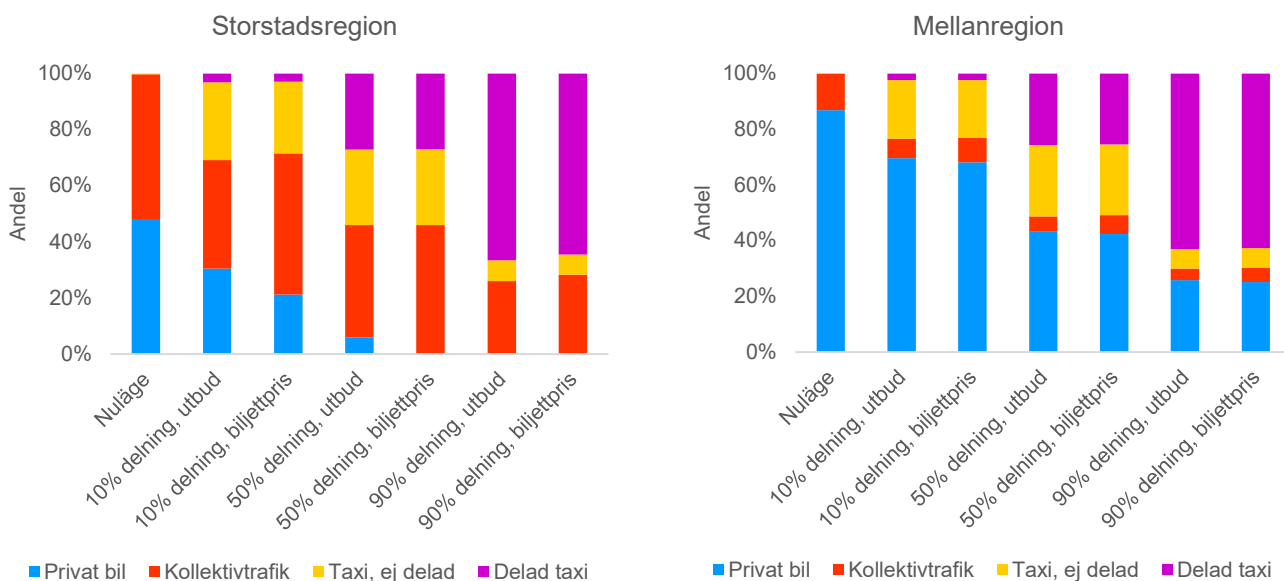
I tabellen nedan redogörs sammanfattat för förändringen i antal resor med kollektivtrafiken år 50 med olika grader av delning i storstads- och mellanregionen samt olika kollektivtrafikstrategier (sänkt *biljettpris* respektive

ökat *utbud*) utifrån Figur 9<sup>91</sup>. Som framgår minskar antalet resor med kollektivtrafik i samtliga scenarier.

Tabell 3: Förändring i antal resor (%) med kollektivtrafiken, år 0 till år 50 i System Dynamics modell.

Scenario	10 % delning	50 % delning	90 % delning
<b>Storstadsregion</b>			
<b>Förändring i antal resor med kollektivtrafiken</b>	- 25 %	- 20 %	- 50 %
<b>Mellanregion</b>			
<b>Förändring i antal resor med kollektivtrafiken</b>	- 45 %	- 60 %	- 70 %

I Figur 10 visas ytterligare scenarier. Det som varierats, förutom graden av delning av taxitjänsterna, är strategin för att använda besparingarna i kollektivtrafiken till följd av automatiseringen. I de scenarier som är märkta med *biljettpris* sänks biljettpriserna och i de men *utbud* används pengarna till att öka kollektivtrafikutbudet. Skillnaden blir inte så stor sett till taxiresornas marknadsandel. Däremot blir marknadsandelen för kollektivtrafiken högre med minskat biljettpris. Konkurrensen sker då främst med privata bilresor. Skillnaderna är större i storstadsregionen än i mellanregionen.



Figur 10: Fördelning mellan färdssätt för olika grad av delning av taxitjänster samt olika kollektivtrafikstrategi (förbättrat utbud eller minskat biljettpris).

I tabellen nedan redogörs sammanfattat för förändringen i antal resor med kollektivtrafiken år 50 med olika grader av delning i storstads- och mellanregionen samt olika kollektivtrafikstrategier (sänkt *biljettpris* respektive ökat *utbud*) utifrån Figur 10. Som framgår minskar antalet resor med kollektivtrafik i samtliga scenarier, det finns dock en förhållandevis stor variation mellan strategierna, framförallt i storstadsregioner.

<sup>91</sup> Resultaten i tabell 4 samt 5 har avrundats till närmsta femtal. Detta eftersom resultaten bygger på antaganden och är förknippade med osäkerhet. De bör därför tolkas som storleksordningar, snarare än en exakt siffra.

Tabell 4: Förändring i antal resor (%) med kollektivtrafiken, år 0 till år 50 i System Dynamics modell.

Scenario	10 % delning - utbud	10 % delning - biljettpris	50 % delning - utbud	50 % delning - biljettpris	90 % delning - utbud	90 % delning - biljettpris
	<b>Storstadsregion</b>					
<b>Förändring i antal resor med kollektivtrafiken</b>	- 25 %	- 5 %	- 20 %	- 10 %	- 50 %	- 45 %
	<b>Mellanregion</b>					
<b>Förändring i antal resor med kollektivtrafiken</b>	- 45 %	- 35 %	- 60 %	- 50 %	- 70 %	- 60 %

Utöver de resultat som redogjorts för ovan, är det vidare tänkbart att automatiseringen, och omfördelningen mellan färdmedel kommer påverka förutsättningarna för den samhällsfinansierade respektive den helt kommersiella kollektivtrafiken.

Det finns flera tänkbara scenarier för detta. En tänkbar utveckling är att den kollektivtrafik som idag bedrivs helt kommersiellt kommer att ha ännu svårare än den samhällsfinansierade kollektivtrafiken i konkurrensen mot de andropsstyrda tjänsterna, eftersom den relativt sett är dyrare för resenären. En tänkbar följd av detta är att dagens kommersiella kollektivtrafikoperatörer övergår till, eller ersätts av, tjänster som mer liknar delad taxi eller anropsstyrd trafik. En annan tänkbar utveckling är att de kommersiella aktörerna använder kostnadsminskningen för att sänka priserna i högre grad än den samhällsfinansierade trafiken, med följd att den kommersiella kollektivtrafiken ökar sina marknadsandelar. Ytterligare en tänkbar utveckling är att den helt kommersiella kollektivtrafiken gynnas av utvecklingen, då den mer framgångsrikt kan konkurrera med bilen om det tillkommer smidiga och billiga anslutningsresor med automatiska tjänster, exempelvis en automatisk taxitjänst som tar en resenär till en station. Vilka effekter som kan komma att dominera är i sin tur kraftigt beroende av förutsättningarna för den kommersiella kollektivtrafiken i respektive fall, exempelvis resandeunderlag.

Det är också sannolikt att utvecklingen kan komma att påverka konkurrensen mellan kollektivtrafikens olika fordonsslag. Som diskuteras i andra delar av rapporten förefaller många av de förarlösa kollektivtrafikfordon som är under utveckling idag vara mindre bussar eller dylikt. Å andra sidan finns redan idag exempel på förarlösa spårbundna system, vilka trafikeras av större fordon. Det faktum att den stora besparingen från automatiseringen består av minskade förarkostnader är dock till de mindre fordonens fördel, eftersom besparingen, och därmed den eventuella prisminskningen för konsumenten blir relativt sett större. Det finns med andra ord sannolikt potential att sänka priset för exempelvis förarlösa taxiresor, till följd av automatisering, än för exempelvis tågresor. Det är dock tänkbart att förbättringar i anslutningsresor, så som diskuterats ovan, stärker samtliga kollektivtrafikslag i relation till privatresor med bil.



## 4.2 EFFEKTER PÅ TILLGÄNGLIGHET GENERELLT OCH FÖR OLIKA GRUPPER

Förlösa fordon kommer med all sannolikhet att ha en stor påverkan på tillgänglighet, inte minst för att de, givet en tillräckligt hög nivå av automation, möjliggör för grupper som av olika anledningar inte kan köra bil att resa i väsentligt högre utsträckning än de kan idag. Vid hög nivå av automation förenklas även möjligheten att resa med såväl egna som kollektiva färdmedel oftare och dygnet runt, och sannolikt kommer även annan samhällsservice, så som leverans av varor och paket, förbättras och göras mer tillgänglig.<sup>92</sup>

Modelleringar på området visar, som diskuterats tidigare i denna rapport, en generell ökning av antalet fordonskilometer till följd av automatisering av taxibilar eller motsvarande fordon, något som tyder på en ökad tillgänglighet (sannolikt till följd av att dessa tjänster blir billigare när de automatiseras). Exakt hur pass stora dessa effekter blir varierar kraftigt med de antaganden som görs, och vissa menar på att automatiseringen kommer få mycket stora, närmast revolutionerande effekter på tillgänglighet, medan andra artiklar visar på mer begränsade vinster.<sup>93 94</sup>

Sammantaget talar mycket för att tillgängligheten förbättras till följd av automatisering, eftersom billigare och bekvämare resor kommer möjliggöra för fler människor att nå fler målpunkter. De eventuella farhågor som finns vad gäller tillgänglighet handlar främst om följder av hur transporterna konkurrerar med varandra. Det är exempelvis tänkbart att tillgängligheten för vissa grupper minskar om dagens kollektivtrafik konkurreras ut av andra aktörer. Ett scenario där exempelvis privatbilar eller taxitjänster konkurrerar ut kollektivtrafiken skulle kunna medföra att de billigaste resorna, eller den grundläggande tillgänglighet som kollektivtrafiken bidrar med, försvinner, till förmån för förbättrad tillgänglighet på vissa platser, där dessa affärsmodeller är bärkraftiga.

Något som är mindre väl utforskat är tillgänglighet utifrån trygghetsperspektiv samt för grupper med särskilda behov. Trygghet, och acceptansen för att samåka med okända människor har behandlats tidigare i denna rapport (avsnitt 2.2). En reflektion utifrån detta, inte minst från kollektivtrafikens perspektiv, är att om otrygghet upplevs som ett problem, och detta i sin tur ställer krav på att fordonen bemannas, kan en av dom huvudsakliga nyttorna (kostnadsbesparingar) för kollektiv- och delad taxitrafik till följd av automatisering gå förlorad, något som kan medföra en konkurrensnackdel mot automatiserade personbilar. Om dessa problem inte övervinns kan detta även medföra att de nya automatiserade färdmedlen blir otillgängliga för grupper som i högre grad känner sig otrygga. Flera bedömare menar dock att tekniska hjälpmedel, exempelvis kameraövervakning, kan överbrygga dessa utmaningar, detta är dock inte helt okontroversiellt ur exempelvis integritetsperspektiv.<sup>95</sup>

Vad gäller grupper med särskilda behov finns sannolikt både positiva och negativa aspekter av automatiseringen. Å ena sidan är det tänkbart att personer med exempelvis funktionsnedsättningar kan få ökad tillgänglighet, då ökad automatisering kan möjliggöra resor med fordon som dessa

<sup>92</sup> (SKR, 2018)

<sup>93</sup> (Pernestål Brenden & Kristoffersson, 2018)

<sup>94</sup> (Meyer, Becker, Bösch, & Axhausen, 2017)

<sup>95</sup> (SOU, 2018:62)

personer tidigare inte kunna framföra. Teknikutvecklingen kan också tänkas förbättra olika hjälpmedel, så som ramper, vilket kan göra det enklare än det är idag för vissa att resa med kollektivtrafiken. Samtidigt kan en eventuell avsaknad av personal inom befintlig trafik försvåra för andra individer, då automatiserade lösningar sannolikt är mindre flexibla vad gäller stöd och hjälp till individer med varierande behov av detta. Det är slutligen sannolikt att de individer som idag behöver mer stöd, och som ofta reser i specialutrustade fordon, även i framtiden kommer behöva hjälp av personal, något som talar för behov av ombordvärdar eller motsvarande i en andel av framtida fordon även vid en hög grad av automatisering. <sup>96 97</sup>

En annan tillgänglighetsaspekt är också vilka grupper som kommer använda de automatiserade fordonen, något som i sin tur beror på vilka färdmedel som slår igenom, samt vad dessa kostar. Om förarlösa personbilar kommer dominera, på kollektivtrafikens eller andra delade trafikslags bekostnad, kan detta få negativa effekter på resurssvaga grupper. Samtidigt kan ett ökat inslag av delning, till följd av ett genomslag av taxitjänster, vara positivt för de som inte har råd att köpa bil. Detta förutsätter dock att dessa personer känner sig trygga med att resa med personer som dom inte känner i fordon utan förare. <sup>98</sup>

### 4.3 EFFEKTER PÅ TRÄNGSEL OCH FRAMKOMLIGHET

I beräkningarna som gjorts med System Dynamics-modellen beaktas endast de olika färsättens *andel* av alla resor. Det vanligaste resultatet i olika trafikprognoser är att totalt resande ökar över tid (på grund av ökande befolkning och ökad ekonomisk aktivitet). Det innebär att utöver de resultat som redovisas nedan, som i vissa fall innebär ökad trängsel, så ska beaktas eventuella ytterligare trängseleffekter till följd av ökat resande generellt. Resultaten nedan förutsätter alltså en konstant nivå av resande.

I Figur 11 visas resultat av beräkningar av trängsel på vägarna i olika scenarier. Trängseln representeras av ett index, där 1 motsvarar samma nivå av trängsel som idag, och exempelvis 1,2 motsvarar 20 procent mer trängsel än idag. De övre två diagrammen är beräknade för en storstadsregion och de två undre för mellanregioner med enstaka städer. Till vänster visas utfallen i ett par olika scenarier där det som skiljer scenarierna åt är graden av delade taxiresor ("10% delad taxi" motsvarar alltså att 10 procent av alla taxiresor görs med samåkning). Till höger finns också skillnad i delning av taxi mellan scenarierna, men även en annan skillnad: hur kollektivtrafikens besparingar av införandet av självkörande fordon antas användas: till förbättrat kollektivtrafikutbud eller till lägre biljettpriser.

Vi ser att trängsel bedöms öka i alla scenarier som gäller storstadsregionen. Omfattningen av ökningen varierar kring 50 procent högre jämfört med idag. Ökningen beror på framför allt att taxitjänsterna tar marknadsandelar från privat bil och kollektivtrafik, och varje taxiresa genererar ett visst mått av tomkörning för repositionering mellan kunder och eventuellt letande efter nya kunder. Vidare antas även självkörande fordon bidra med extra trafikarbete jämfört med icke-självkörande bilar på grund av tomkörning till exempelvis

<sup>96</sup> (SKR, 2018)

<sup>97</sup> (Jussila Hammes, 2019)

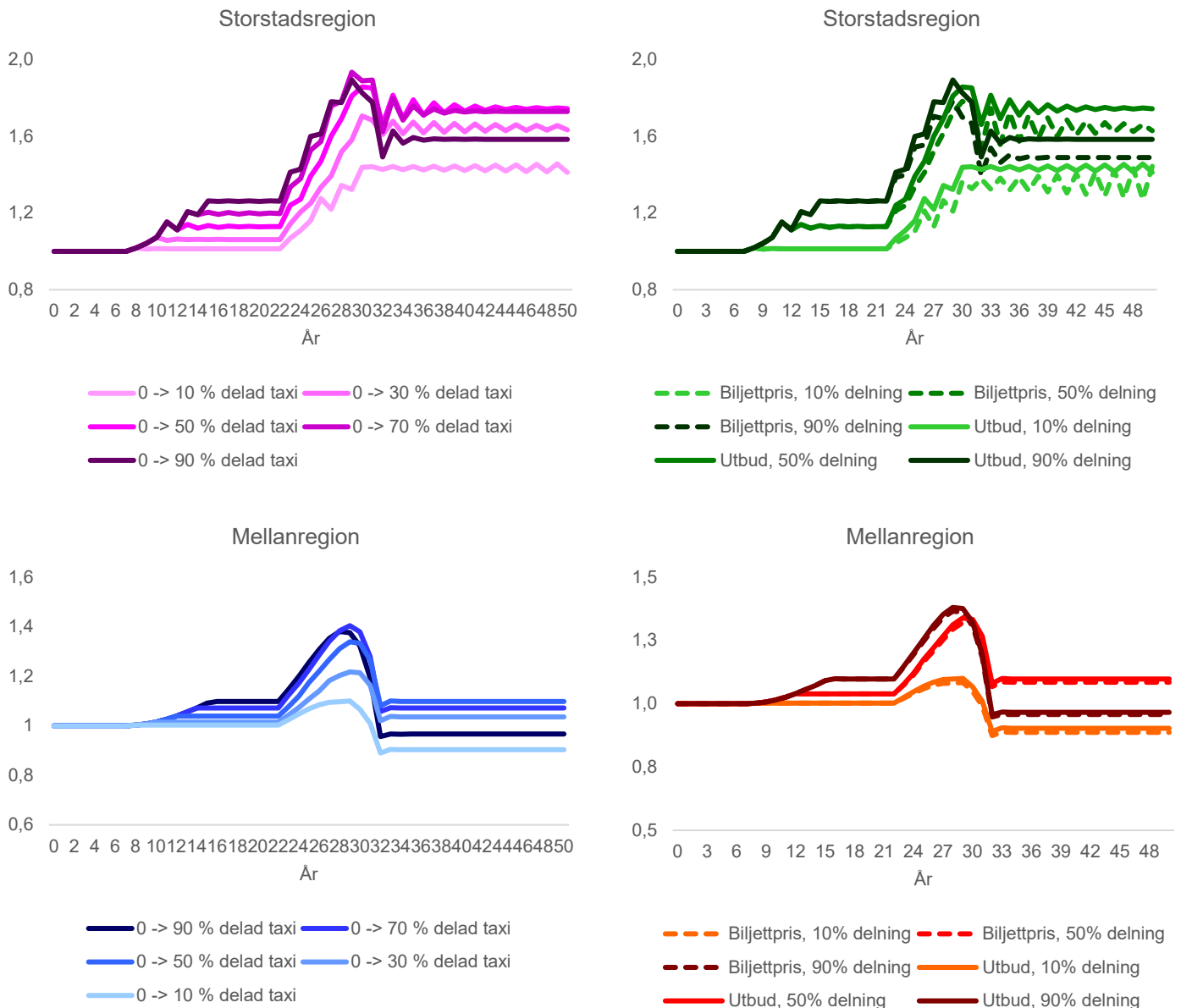
<sup>98</sup> (SKR, 2018)

parkeringar. Dessa två effekter blir tillsammans större än de dämpande effekterna på trängsel som kan komma från självkörande fordons mer effektiva utnyttjande av vägutrymmet samt minskat antal olyckor.

De positiva effekterna får mer genomslag i mellanregionen, även om trängsel borde vara ett mindre problem i dessa regioner. Vi ser att de positiva effekterna får genomslag först när i princip hela fordonsflottan är självkörande, då blandad trafik antas förhindra de positiva effekterna.

Anledningen till att utfallet skiljer sig mellan storstads- och mellanregionen är sambandet mellan trängsel och restid för biltrafik. I en stad antas en större andel av en total resa drabbas av trängsel. En ökning av trängselnivån innebär därför en relativt stor effekt på restiden för bil- och taxitrafik, vilket minskar efterfrågan på dessa färdssätt. Detta dämpar i sin tur trängseln, vilket förklarar det pendlande utseendet på vissa kurvor. Det innebär också att när de positiva effekterna av automatiseringen börjar slå igenom och trängseln dämpas, så ökar efterfrågan igen och nedgången av trängsel uteblir. I en mer glesbefolkad region antas trängsel påverka en mindre andel av den genomsnittliga bil- eller taxiresan, och *feedback*-effekterna blir därför inte lika kraftiga.

Vad gäller påverkan av delning verkar en medelstor andel delning (30–50 procent) ge mest trängsel. Det är en effekt av att lägre andel delning gör taxitjänsterna mindre attraktiva, vilket därmed även minskar deras påverkan på trängseln. En högre andel delning gör däremot att taxiresorna utnyttjas mer effektivt, vilket minskar påverkan på trängsel igen. Vad gäller avvägningen mellan förbättrat kollektivtrafikutbud och lägre biljettpriser, har det ingen större påverkan på trängseln i mellanregioner. För storstadsregioner verkar lägre biljettpris öka kollektivtrafikresandet mer, och därmed minska trängsel, jämfört med ett scenario med ett ökat utbud.



Figur 11: Självkörande fordons beräknade påverkan på trängsel. Effekten av olika grad av delning för taxiresor (vänster), respektive olika kollektivtrafikstrategier (höger) i storstads- respektive mellanregion.

#### 4.4 EFFEKTER PÅ KLIMATUTSLÄPP FRÅN TRANSPORTSEKTORN

Hur automatisering av fordon påverkar klimatet beror på flera faktorer, däribland val bränsle, bränsleeffektivitet samt val av färdmedel. I de modellkörningar som gjorts antas fordonens bränsleeffektivitet, till följd av mer miljövänliga körsätt förbättras med 20 procent (sa även avsnitt 3.1.4).

En omfördelning av resor från kollektivtrafik till andra färdmedel, så som modellkörningarna i kapitel 3 tyder på, kommer dock sannolikt få negativa utsläppseffekter eftersom andelen resor med bil ökar i samtliga scenarier. Utifrån de andelar som presenteras i avsnitt 4.1.1. har översiktliga beräkningar för förändring i koldioxidutsläpp för samtliga scenarier gjorts.

Genomsnittsutsläppen för resor med bilar har antagits vara 68,8 gram per kilometer för bilar och ej delade taxibilar och 34,4 gram per kilometer för delad taxi.<sup>99</sup> Resor med kollektivtrafik har antagits vara utsläppsneutrala, baserat på att kollektivtrafiken i mycket hög utsträckning är det i dagsläget, och vidare förväntas elektrifieras i hög takt.<sup>100 101 102</sup>

För att kunna göra en jämförelse så har det totala antalet resor och fordonskilometer med bil och kollektivtrafik utifrån de nationella resevaneundersökningarna (RVU) använts<sup>103</sup>. En jämförelse mellan andelen resande med olika färdmedel år 0 och år 50 i modellen görs (utifrån resultaten som visas i figur 9). Tabell 6 visar förändringen i andel koldioxidutsläpp.

Tabell 5: Förändring i koldioxidutsläpp baserat på förändringar i andel resor med samtliga trafikslag.

Scenario	10 % delning	50 % delning	90 % delning
	Storstadsregion		
<b>Förändring i CO<sub>2</sub>-utsläpp</b>	-5 %	-16 %	-20 %
	Mellanregion		
<b>Förändring i CO<sub>2</sub>-utsläpp</b>	4 %	- 4 %	-18 %

Som framgår av tabellen minskar utsläppen i storstadsregionen i samtliga scenarier, jämfört med färdmedelsandelarna från RVU. Utsläppen minskar mer ju högre grad av delning, främst till följd av att delad taxi tar marknadsandelar från bilresor. Andelen kollektivtrafik minskar, som diskuterats i föregående avsnitt, i alla scenarier. I mellanregionen ökar utsläppen i scenariot med låg grad av delning, men minskar vid 50 och 90 procents delning, återigen för att delad taxi tar marknadsandel från bilresor.

Det bör noteras att resultaten i modellkörningarna inte tar hänsyn till en generell ökning av resorna, resultaten i tabellen ovan är därför endast baserade på förändring av fordonsval utifrån de totala antalet resor med motoriserade fordon från RVU<sup>104</sup>. De tar inte hänsyn till ett eventuellt ökat resande.

Resultaten i Tabell 5 ovan ska tolkas med försiktighet, då de bygger på flera antaganden. De bör i huvudsak ses som storleksordningar och indikationer kring i vilken riktning utsläppen påverkas. Det är vidare fullt tänkbart att klimateffekten från transporter kommer vara en icke-fråga vid den tidpunkt då den nivå av automatisering som i huvudsak studeras i denna rapport uppnås, exempelvis sett till takten som fordon elektrifieras i dagsläget, samt bakomliggande faktorer så som utveckling av batteriteknik, laddning och elvägar.<sup>105</sup>

<sup>99</sup> Utsläppen från modellresultaten respektive RVU är beräknat utifrån 85 g/km vilket bygger på det antagande i Trafikverkets Scenarioverktyg som görs för icke-laddbara fordon i Sverige 2030 (Trafikverket, 2020). För modellresultaten är det multiplicerat med 0,8 (motsvarande 20 procents effektivisering vid förarlöshet). För delad taxi beräknas utsläppen enligt ovan delat på 2, för att fånga effekten av att dessa fordon har högre beläggning. Vanlig taxi och personbilar antas ha en beläggning på 1.

<sup>100</sup> (Sveriges Bussföretag, 2019)

<sup>101</sup> (WSP, 2018b)

<sup>102</sup> (FRIDA - miljö- och fordonsdatabas, 2020)

<sup>103</sup> Antalet resor beskrivs i Bilaga – RVU.

<sup>104</sup> Andelarna beskrivs i Bilaga – Andelar från RVU.

<sup>105</sup> (Trafikanalys, 2019c)

## 4.5 HÄLSOEFFEKTER

### Aktivt resande

Vad gäller aktivt resande, det vill säga resande med exempelvis gång och cykel, finns sannolikt både positiva och negativa effekter av automatisering. Det är å ena sidan möjligt att det minskar behovet av att ha privatbil, genom att möjliggöra smidigare anslutningsresor till kollektivtrafiken för personer för vilka detta inte är ett alternativ idag. Därigenom skulle automatiseringen kunna bidra till en, ur en hälsoaspekt mer gynnsam, färdmedelsblandning med en kombination av gång, cykel och automatiserade resor med olika anropsstyrda och/eller kollektiva färdmedel. Det är å andra sidan sannolikt att ökad tillgänglighet till smidiga och billiga automatiserade resor med såväl privata som delade fordon kommer minska resandet med aktiva färdmedel som gång och cykel, särskilt som resorna i hög grad kommer gå att göra från dörr till dörr.<sup>106</sup> Det innebär att vardagsmotionen som sker i anslutning till kollektivtrafiken minskar då antalet kollektivtrafikresor minskar.

Tidigare utredningar visar att den som reser med kollektivtrafik i genomsnitt reser 1,3 kilometer mer (per dag) med aktivt resande. För varje tillkommande, eller förlorad, kollektivtrafikresa antas det aktiva resandet påverkas, med hälsokonsekvenser som följd.<sup>107</sup> Dessa hälsokonsekvenser mäts i sin tur i så kallade DALY<sup>108</sup> ett hälsoekonomiskt mått på "förlorade" levnadsår på grund av sjukdom eller tidig död. Tidigare beräkningar visar att kollektivtrafiken i Sverige ger upphov till aktivt resande motsvarande cirka 3 700 "räddade" DALY per år.<sup>109 110</sup> Utifrån resultaten i Tabell 4, som visar att kollektivtrafiken minskar med mellan cirka 20 och 50 procent i storstadsregionen och mellan cirka 45 och 70 procent i mellanregionen, till följd av automatisering. Ställs detta i relation till dessa siffror skulle automatiseringen alltså medföra en förlust på mellan cirka 800 och 2 600 DALY per år, till följd av minskat aktivt resande i samband med kollektivtrafikresor. Som referens kan nämnas att allt aktivt resande med gång och cykel i Sverige beräknas minska DALY med 83 000.

Det är tydligt utifrån dessa resultat att introduktionen av förarlösa fordon kan komma att ha negativa konsekvenser på hälsa då andelen resor med kollektivtrafik minskar. Ju högre grad av delad taxi som antas, desto större negativa hälsoeffekter beräknas i både storstads- och mellanregionen. I likhet med vad som diskuterats ovan, avseende beräkningar för koldioxid, bör resultaten dock ses storleksordningar och indikationer kring i vilken riktning det aktiva resandet påverkas, då de bygger på flera delvis osäkra antaganden.

Det bör vidare noteras att effekten ovan endast är det som sker till följd av att resor med kollektivtrafik ökar eller minskar. Det är vidare tänkbart att nya, mer tillgängliga resor med automatiserad trafik, sannolikt i huvudsak de med personbil och/eller taxi, men också kollektivtrafik, kan komma att ersätta resor som idag sker med aktiva färdmedel, med ytterligare negativa

---

<sup>106</sup> (SKR, 2018)

<sup>107</sup> Personer som reser med förarlös taxi (egen eller delad) antas motsvara bilresenärer vad gäller aktivt resande, det vill säga att de reser mer från "dörr till dörr".

<sup>108</sup> DALY efter "Disability-Adjusted Life Years", på svenska funktionsjusterade levnadsår.

<sup>109</sup> (WSP, 2018a)

<sup>110</sup> (WSP, 2016)

hälsokonsekvenser som följd. Liknande mönster har gått att skönja vid introduktion av andra nya och mer tillgängliga mobilitetsformer, så som delad eller mikromobilitet, det vill säga att dessa ersätter tidigare gång eller cykelresor, särskilt i stadsmiljö.<sup>111</sup>

### **Buller och luftföroreningar**

Det är vidare tänkbart att övergången till förarlösa fordon kan ha effekter på utsläppen av hälsofarliga luftföroreningar och buller. I likhet med beräkningarna för klimatutsläpp i föregående kapitel, är detta i hög grad beroende av teknikutvecklingen på området. Vidare varierar effekten i högre utsträckning än klimatutsläppen, till följd av att utsläppen framförallt är lokala, och därför främst är ett problem i stadsmiljöer, där det finns många fordon och många människor som kan exponeras. Med anledning av den stora variationen i effekter mellan olika miljöer har inga beräkningar av detta gjorts, men i likhet med tidigare avsnitt kommer eventuell effekt bero på hur antalet fordonskilometer ändras till följd av automatiseringen. Vid en stor ökning, exempelvis till följd av övergång från kollektivtrafik till bil, kan de negativa komma att öka.<sup>112</sup> Det bör även noteras att utsläppen av hälsofarliga lokala luftföroreningar redan minskat relativt kraftigt under de senaste åren, varför det kan vara motiverat att anta att detta problem kommer vara mer begränsat vid den tidpunkt då en hög grad av automatisering har slagit igenom.<sup>113</sup>

## **4.6 EFFEKTER PÅ TRAFIKSÄKERHET**

Automatisering av fordon kommer sannolikt ha en stor påverkan på trafiksäkerhet. Tidigare studier tyder på att majoriteten av de trafikolyckor som sker beror på den mänskliga faktorn.<sup>114 115 116</sup> En vanligt återkommande siffra för andelen olyckor orsakade av den mänskliga faktorn är 90 procent. Givet detta antagande kan trafiksäkerheten, utifrån dagens nivåer, förväntas "öka" med 90 procent. En schablonmässig beräkning utifrån dagens olycksnivåer<sup>117</sup> ger att antalet omkomna minskar med drygt 200 och antalet allvarligt skadade minskar med drygt 1 100.

Tabell 6: Antal omkomna och allvarligt skadade, minskning med 90 procent (2019 alla trafikslag).

	2019	Förändring	Utan mänsklig faktor (90 %)
<b>Antal omkomna</b>	221	- 199	22
<b>Antal allvarligt skadade</b>	1224	- 1120	124

Siffrorna i Tabell 6 antar ett oförändrat trafikarbete. Det bör beaktas att antalet olyckor också kan komma att öka till följd av ökningarna i trafikarbete om automatisering av fordon gör resor billigare och mer tillgängliga.<sup>118</sup>

<sup>111</sup> (WSP, 2019a)

<sup>112</sup> (WSP, 2018a)

<sup>113</sup> Hälsokonsekvenserna till följd av utsläpp minskade exempelvis med drygt 35 procent mellan 2010 och 2014 (WSP, 2016)

<sup>114</sup> (VTI, 2020)

<sup>115</sup> (U.S. Department of Transportation, 2015)

<sup>116</sup> (SKR, 2018)

<sup>117</sup> Enligt statistik för vägtrafikolyckor 2019, alla trafikslag, (Transportstyrelsen, 2020)

<sup>118</sup> (SKR, 2018)



Denna ökning bör dock vara relativt sett liten (motsvarande 10 procent av dagens antal olyckor per tillkommande kilometer).

En ytterligare faktor som kan tänkas påverka trafiksäkerheten är fördelningen av resandet mellan olika trafikslag. I dagsläget är resor med kollektivtrafik betydligt säkrare än resor med personbil. En omfördelning från kollektivtrafik till personbilar, givet att automatiseringen får den typen av effekt, kan därmed påverka trafiksäkerheten negativt. Hur stor denna effekt är beror dock på dom underliggande orsakerna till skillnaderna i säkerhet mellan trafikslag.

Det bör också noteras att detta förutsätter att automatiseringen fungerar så pass väl att den helt eliminerar den mänskliga faktorn. Huruvida så blir fallet är givetvis osäkert, men det är samtidigt sannolikt att säkerhetskraven på de förarlösa fordonen kommer att vara höga, inte minst för att det ska finnas en acceptans från användare, som diskuterat i avsnitt 3.<sup>119</sup>

## 4.7 ÖVRIGA EFFEKTER PÅ KOLLEKTIVTRAFIKEN

### *Upphandling av trafik*

Utvecklingen på fordonsområdet går relativt snabbt vad gäller såväl ny teknik som nya tjänster för mobilitet. Samtidigt tillhandahålls stora delar av kollektivtrafiken idag av regionala kollektivtrafikmyndigheter, vilka upphandlar trafiken med avtal med förhållandevis långa löptider. Det är oklart hur detta kommer påverka automatiseringens inträde på kollektivtrafikområdet. Det är å ena sidan tänkbart att det kommer förlänga introduktionen av förarlösa fordon, eftersom de regionala kollektivtrafikmyndigheterna på grund av detta har svårare att snabbt anpassa sig efter skiften i teknik. I ett sådant scenario är det tänkbart att förarlösa personbilar eller kommersiella taxitjänster kan komma att ta marknadsandelar från kollektivtrafiken, givet att automatiseringen medför attraktiva erbjudanden som tilltalar kollektivtrafikresenärer. Det är å andra sidan tänkbart att de regionala kollektivtrafikmyndigheten, på samma sätt som de regionala kollektivtrafikmyndigheternas trafik spelar en viktig roll för att introducera och sprida ny miljöteknik på marknaden för tunga fordon, kan tänkas gå i bräschen för etableringen av de nya teknikerna på marknaden.<sup>120</sup> Faktorer som talar för detta är bland annat att trafiken går i fasta omlopp på ett tydligare sätt än privatbilar, vilket ställer lägre krav på automatiseringen. Vidare har det offentliga på ett mer samlat sätt än privat aktörer möjlighet att styra över och förvalta trafik, fordon och infrastruktur i staden, något som initialt kan krävas för implementering av förarlös trafik. Det bör dock noteras att ansvaret idag är delat mellan olika delar av det offentliga, exempelvis kommun och stat (infrastruktur) samt regioner (trafik).<sup>121 122</sup>

---

<sup>119</sup> (J.D. Power, 2020)

<sup>120</sup> (WSP, 2018b)

<sup>121</sup> Intervju Alexander Paulsson

<sup>122</sup> Intervju Erik Almlöf

Båda de scenarier som beskrivs ovan kan sannolikt komma att uppträda i takt med att förarlösa fordon börjar implementeras i trafik. För de regionala kollektivtrafikmyndigheterna är det viktigt med flexibilitet inom ramen för de avtal som skrivs, och arbete kring detta pågår redan i dagsläget, bland annat till följd av implementering av annan teknik, så som eldrivna bussar, på marknaden. Risker är annars att den traditionella kollektivtrafiken blir omsprungnen och därmed utkonkurrerad av andra aktörer, vilket riskerar att få negativa konsekvenser för transportsektorn i stort.<sup>123</sup>

### **Automatiseringens påverkan på arbetstillfällen**

Som diskuterats tidigare i rapporten är en av de huvudsakliga nyttorna för kollektivtrafiken (men även för taxinäringen) minskade kostnader, inte minst till följd av ett minskat behov av förare. Samtidigt bör det noteras att kollektivtrafik- (och taxi-) branschen är stora arbetsgivare.<sup>124</sup> Branscherna sysselsätter också en stor andel utrikesfödda personer, och verkar på så sätt som ett viktigt instegsarbete för personer som annars kan ha svårt att etablera sig på arbetsmarknaden.<sup>125</sup>

Det är osäkert i vilken utsträckning automatiseringen kommer påverka personalbehovet. I en övergångsfas kvarstår sannolikt behovet av förare på fordonen som en säkerhetsåtgärd, så som förekommer vid dom försök med förarlösa fordon som sker idag. Behoven kommer dock sannolikt skifta mellan fordonsslag. Bedömningar från operatörer landar i att behovet, om 10–15 år kan tänkas motsvara 20–25 procent av dagens antal förare<sup>126</sup>. Det är vidare tänkbart att det trots automatisering krävs ombordpersonal för att bidra med annan service och säkerställa trygghet på fordonet, och att den nya arbetsrollen i sin tur medför bättre och mer varierad arbetsmiljö för förarna.<sup>127</sup> Tidigare rapporter på området menar generellt att bedömningar av hur teknikutveckling påverkar arbetsmarknaden är svåra, och att även om vissa arbeten, eller arbetsuppgifter försvinner så tillkommer nya, i takt med förändrade möjligheter, men också ökade krav från konsumenter.<sup>128</sup>

Det är vidare tänkbart att den negativa effekten på arbetstillfällen inom branschen avhjälpas av en gradvis utveckling mot automation, det vill säga att i takt med att automatiseringen förbättras, söker sig också färre till föraryrken. Denna utveckling kan eventuellt påskyndas av att medelåldern bland bussförare är förhållandevis hög.<sup>129</sup>

---

<sup>123</sup> Docherty et. al (2018) menar exempelvis att detta är en risk, och drar paralleller till den tidiga personbilsmarknadens framväxt i Nordamerika under 1900-talet, med följd att personbilen i hög grad kom att dominera transportmarknaden.

<sup>124</sup> Enligt Sveriges Bussföretag (2018) arbetade 27 677 personer i busstrafikföretagen 2016

<sup>125</sup> (Bussmagasinet, 2014)

<sup>126</sup> Intervju med Keolis i Transportföretagen (2019).

<sup>127</sup> Intervju med Alexander Paulsson.

<sup>128</sup> (Transportföretagen, 2019)

<sup>129</sup> (Transportföretagen, 2019)

## **Utformning av järnvägsstationer, stationsområden och övriga knutpunkter**

Vad gäller påverkan på stationer och knutpunkter från automatisering är detta något som är förhållandevis utforskat i litteraturen.<sup>130</sup> Effekterna är dock i hög grad beroende av många av de effekter som automatisering kan tänkas få, och som diskuterats tidigare i den här rapporten. Det är exempelvis tänkbart att kollektivtrafiken förlorar marknadsandelar till följd av automatisering, något som sannolikt kommer minska behovet och betydelsen av stationer och andra knutpunkter. Det är också tänkbart att stationernas betydelse kan tänkas minska även i ett scenario med stor andel delad trafik, givet att automatiseringen leder till att denna i högre grad blir anropsstyrd. Detta kan dock ställa högre krav på fler mindre platser för upplockning av resenärer och dylikt i befintlig stadsmiljö. Samtidigt är det också tänkbart att förbättrade anknytningsresor och matartrafik kommer öka kollektivtrafikens betydelse, och därmed också stationerna.

Vad gäller de faktiska stationerna är sannolikt den största nyttan ett mer effektivt kapacitetsutnyttjande av befintliga stationer, exempelvis att fordon kan köra tätare. Samtidigt ställer detta i sin tur krav på utbyggnad av det som idag är flaskhalsar på stationer idag, och som delvis sätter gränserna för kapacitetsutnyttjandet, exempelvis utrymme på plattformar, hissar och rulltrappor samt utrymningsmöjligheter.<sup>131</sup>

### **Minskat behov av skattesubventioner**

Idag finansieras kollektivtrafiken drygt till hälften av skattemedel, i huvudsak från regionerna men även från kommunerna och staten. De totala bidragen från dessa uppgick 2018 till drygt 25,2 miljarder kronor.

Trafikeringskostnaderna för den subventionerade kollektivtrafiken uppgick samma år till 37,5 miljarder kronor<sup>132</sup>. En halvering av trafikeringskostnaderna, så som antagits i tidigare beräkningar i denna rapport, skulle medföra en potentiell besparing strax under 19 miljarder kronor, motsvarande 74 procent av bidragen från regioner, kommuner och staten.<sup>133</sup>

I de beräkningar som gjorts ovan har besparingen använts till att öka utbudet eller sänka priset, men det är även tänkbart att de pengar som sparas kan användas till andra saker, så som skattesänkningar eller ytterligare investeringar i någon annan del av det offentliga. Det har inom ramen för denna rapport inte gjorts någon noggrannare analys av vad detta skulle få för effekter på samhället och på resandet med kollektivtrafik.

---

<sup>130</sup> (Pernestål Brenden & Kristoffersson, 2018).

<sup>131</sup> Intervju med Paul van Doninck.

<sup>132</sup> De totala kostnaderna enligt Trafikanalys statistik (2018) uppgår till 48,8 miljarder kronor, varav 37,5 är trafikeringskostnader, 0,3 miljarder kronor är kostnader för infrastruktur och 11 miljarder kronor övriga kostnader.

<sup>133</sup> (Trafikanalys, 2019a)

## 5 BEHOV AV STYRMEDEL

Av de resultat som framkommit från tidigare studier samt av modellanalysen i den här rapporten framkommer flera styrmedelsimplikationer, till följd av den effekt automatisering av fordon kan tänkas ha på transportsektorn i stort och på kollektivtrafiken.

En av de i litteraturen vanligast farhågorna är att automatiseringen kommer att bidra till ett ökat trafikarbete, till följd av att fler kan resa med personbil, att resor blir billigare både i monetära termer och i uppoffring samt ökad tomkörning när de förarlösa fordonen repositionerar sig. Detta befaras bland annat leda till ökad trängsel och beroende på teknikutveckling även till ökade utsläpp. Detta är i sin tur inte ett problem som är unikt för automatiseringen. Samma negativa effekter, eller externaliteter<sup>134</sup>, är ett av skälen till att kollektivtrafiken subventioneras idag och till att det finns flera styrmedel som syftar till att göra det mer kostsamt att resa med bil, men också styrmedel som uppmuntrar till att resa med mer gynnsamma färdmedel. Automatisering ställer således krav på styrmedel som internaliserar de externaliteter som biltrafiken ger upphov till. Om automatiseringen medför att bilresande blir billigare och är mer lättillgängligt, kommer sannolikt kraven på sådana styrmedel att öka. Det finns redan idag flera sådana styrmedel, exempelvis trängselskatt och bränsleskatt. Förändrade förutsättningar kan dock ställa andra krav på utformningen av dessa styrmedel, och på styrmedel som tydligare riktas in på de specifika problem som uppstår, exempelvis trängsel.<sup>135</sup> <sup>136</sup> Beroende på systemets utformning kan förarlösa fordon tänkas möjliggöra tydligare styrning utifrån prisdifferentiering, vilket kan göra det enklare att styra mot ett gynnsamt färdmedelsval. Tack vare att tjänsterna är mer skraddarsydd efter resenärernas behov kan det också tänkas finnas en större acceptans för detta än vad det finns inom den traditionella kollektivtrafiken. Många av dagens anropsstyrda taxitjänster tillämpar exempelvis taxor som varierar med efterfrågan, något som är ovanligt inom traditionell kollektivtrafik<sup>137</sup>. Det är också tänkbart att mer direkta begränsningar i antalet fordon som tillåts i en stadsmiljö kan användas för att minska trängsel. Detta är dock beroende av hur affärsmodellerna ser ut, och huruvida den framtida marknaden kommer bestå av privatägda fordon eller delade.<sup>138</sup>

Det ökade persontransportarbetet kan också tänkas få negativa konsekvenser för utsläpp och miljö, både vad gäller koldioxid men också luftföroreningar och annan miljöpåverkan så som buller. I likhet med vad som diskuteras ovan liknar dessa problem de som finns med dagens trafik, vilket får till följd att de styrmedel som krävs för att minska problemen blir snarlika. Det är, som diskuterats tidigare i rapporten tänkbart att fordonsflottan i hög grad kommer vara elektrifierad då automatiseringen på allvar slår igenom,

---

<sup>134</sup> Externaliteter är ett begrepp som innefattar en effekt för en tredje part (positiv eller negativ) som en konsument inte tar hänsyn till. Ett exempel på en negativ externalitet är luftföroreningar till följd av bilkörande. Externaliteter

<sup>135</sup> (Sweco, 2019)

<sup>136</sup> (Trafikanalys, 2019c)

<sup>137</sup> För ytterligare diskussion om detta, se exempelvis rapporten Vilken grad av prisdifferentiering? En översikt av analyser av optimala taxor i kollektivtrafiken (Pydokka & Wretstrand, 2016)

<sup>138</sup> Det är exempelvis tänkbart att det är lättare att reglera antalet taxibilar inom ett område (något som görs idag på vissa platser genom taxilicenser) än antalet privatägda fordon (Zhang, Guhathakurta, Fang, & Zhang, 2015)

samtidigt kan frågor om energieffektivisering, men även övriga miljöproblem så som lokala utsläpp och buller, kvarstå och kräva åtgärder för att minska antalet fordonskilometer. I likhet med vad som diskuteras ovan rör det sig då sannolikt om åtgärder som uppmuntrar till ökad delning, färre/kortare resor eller resor med mer miljövänliga färdmedel.

Automatiseringen kan också få påverkan på städernas utformning och markanvändning. Detta är i hög grad beroende av vilken riktning marknaden utvecklas. Det är å ena sidan tänkbart att automatiseringen frigör utrymme, till följd av effektivare användning av infrastruktur och minskat behov av parkeringar. Samtidigt möjliggör den också glesare stadsmiljöer (så kallad *urban sprawl*<sup>139</sup>), vilket bidrar till ökat resande och ökad energianvändning. Vidare kan stora mängder fordon, till följd av ökat trafikarbete, öka trängseln, även om dessa nyttjar infrastruktur mer effektivt. Utvecklingen är för närvarande förknippad med stora osäkerheter, men kommer sannolikt ställa allt högre krav på en integrerad stadsplanering som möjliggör effektiva transporter.<sup>140 141 142</sup>

Som framgår av modellanalyserna är också graden av delning en avgörande osäkerhet, vilket också konstaterats av tidigare rapporter på området. Huruvida delningsekonomi slår igenom på bred front, såväl i samhället i stort som inom just transportsektorn, är ännu oklart.<sup>143</sup> Modellstudier på området visar att graden av delning, och dess följd effekter, är starkt beroende av vilka antaganden som görs kring kostnadsstrukturer och acceptans, samtidigt tyder nuläget på att det finns en stark preferens hos människor för privat ägande och resande när det gäller fordon, och trender när det gäller bildelning har, trots teknisk utveckling, inte haft någon avgörande påverkan på transportsektorn.<sup>144</sup> Detta talar för att delning, om detta anses önskvärt, kan kräva uppmuntran, exempelvis genom subventioner eller andra styrmedel likt de som riktas mot dagens kollektivtrafik.<sup>145</sup> Här finns exempel på en rad existerande styrmedel, exempelvis företräde eller reserverade filer i trafiken för delade fordon och/eller kollektivtrafik<sup>146</sup>.<sup>147</sup> Ytterligare en aspekt av delning som kan komma att kräva åtgärder är vidare att vissa individer eller grupper kan uppleva det som obehagligt eller riskfyllt att dela fordon med personer de inte känner, något som kan bidra till den starka preferens för privat ägande och resande som finns idag. Åtgärder, så som tekniska hjälpmedel, som bidrar till att öka trygghet för dessa individer eller grupper kan vara av stor vikt för att tillgängliggöra det framtida förarlösa transportsystemet för alla resenärer.

Dagens kollektivtrafik bidrar med tillgänglighet på gles- och landsbygden, särskilt för grupper som av olika skäl inte kan ha bil, exempelvis barn. Samtidigt är denna trafik till följd av låg beläggning ofta relativt kostsam. Här

---

<sup>139</sup> Det vill säga utglesning av stadsmiljöer.

<sup>140</sup> (Gelauff, Ossokina, & Teulings, 2019)

<sup>141</sup> (Jussila Hammes, 2019)

<sup>142</sup> (Trafikanalys, 2019c)

<sup>143</sup> (Kristoffersson, Pernerstål Brenden, & Mattsson, 2017)

<sup>144</sup> (WSP, 2019a)

<sup>145</sup> (Pernerstål Brenden & Kristoffersson, 2018)

<sup>146</sup> Reserverade busskörfält vanligt förekommande i flera länder, vidare finns även exempel på så kallade *carpool lanes*, reserverade filer för delade privatbilar (Forbes, 2019). Det bör dock noteras att det kan uppstå en konflikt om samma reserverade körfält upplåts till både kollektivtrafikfordon och personbilar. Detta har exempelvis uppmärksammats i Oslo i samband med att elbilar under en period tilläts använda kollektivtrafikkörfält, vilket fick till följd att dessa körfält överbelastades och bussarna fastnade i trafiken (Bussmagasinet, 2015-06-06).

<sup>147</sup> (Jussila Hammes, 2019)

kan automatiseringen sannolikt bidra till att höja tillgängligheten för de som bor utanför städerna, antingen genom att möjliggöra resor med privata förarlösa bilar eller med förarlös, och därmed mer ekonomiskt bärkraftig, kollektivtrafik. Hur och om denna tillgänglighet kommer till stånd kan dock vara beroende av lönsamheten, och vilka aktörer som driver den nya trafiken. Om de nya tjänsterna tillhandahålls helt av vinstmaximerande operatörer, utan viss skattefinansiering från regioner och kommuner, är det tänkbart att dessa kan komma att fokusera den automatiska delade trafiken till de täta stadsmiljöerna med kortare avstånd och större resandeunderlag. Detta kan i sin tur ställa krav på att den framtida, automatiserade och anropsstyrda trafiken på gles- och landsbygden kan behöva tillhandahållas av de regionala kollektivtrafikmyndigheterna, om dess roll är att erbjuda den tillgänglighet som idag erbjuds av traditionell kollektivtrafik.

Resultaten i denna rapport tyder vidare på en skiftande roll för den traditionella kollektivtrafiken till följd av automatiseringen. I princip samtliga modellstudier visar på att kollektivtrafiken kommer att tappa marknadsandelar mot olika former av bil eller taxi. Samtidigt kompliceras den bilden av skiljelinjen mellan kollektivtrafik och andra färdmedel håller på att förändras. Det finns idag ett antal varianter av anropsstyrd kollektivtrafik som har stora likheter med de delade automatiserade taxitjänster som diskuteras i denna rapport. Erfarenheter, inte minst från andra länder, visar samtidigt att olika typer av taxitjänster kan utgöra en konkurrent mot kollektivtrafiken.<sup>148</sup> Sammantaget talar detta för att bilden bör nyanseras, då de marknadsandelar som tappas väl kan övergå till något som är att betrakta som kollektivtrafik, om än i mindre och mer flexibla fordon, exempelvis att dagens bussar i vissa miljöer byts mot mindre självkörande bussar<sup>149</sup>. Detta får i sin tur implikationer för hur marknaden för detta bör organiseras, och vilka mål som ska vara styrande när det gäller exempelvis god tillgänglighet för alla, trängsel, hälsa och miljö.

---

<sup>148</sup> (WSP, 2019a)

<sup>149</sup> I litteraturen används ofta begreppen skyttel eller "pod". Eftersom tekniken är ny saknas tydliga definitioner, men de exempel som lyfts fram handlar vanligen om små bussliknande fordon med plats för mellan 4 och 15 passagerare (RISE, 2019) (Pernetstål Brenden & Kottenhoff, 2017)

## 6 AVSLUTANDE DISKUSSION

Syftet med den här rapporten har varit att ta fram ett kunskapsunderlag om förarlösa fordons potentiella effekter på kollektivtrafiken och att därigenom öka kunskapen om de utmaningar och möjligheter som finns kopplat till detta.

Resultaten tyder sammantaget på att olika former av taxi, eller delad taxi, kan komma att ta stora marknadsandelar från såväl traditionell kollektivtrafik som privatbil i ett scenario med förarlösa fordon. Detta ligger i linje med i många modellstudier på området. Detta är i huvudsak en effekt av sjunkande kostnader, till följd av ett minskat behov av personal. Kostnaderna sjunker förvisso även för kollektivtrafiken, men relativt sett mindre än de gör för taxi. Effekten blir med andra ord störst för taxi eftersom det är relativt mycket personal per resenär, och det blir därför en större kostnadsminskning inom taxi än inom andra trafikslag. Detta leder till att taxis konkurrensläge gentemot kollektivtrafik (men även mot privatbil) stärks.

Ett minskat resande med kollektivtrafik, till förmån för taxi, kan i sin tur få negativa konsekvenser i form av exempelvis ökad trängsel och utsläpp. Samtidigt konkurrerar förarlösa taxibilar inte endast med kollektivtrafiken, utan också i hög grad med bilresor. En överflyttning av en resa från egen bil till taxi har sannolikt liten påverkan på trängsel eller utsläpp. Även om det i dag är oklart huruvida delningsekonomi kommer att slå igenom på bred front inom transportsektorn Det är tänkbart att framtidens taxibilar också kommer delas. Graden av delning för taxibilar en avgörande faktor för kostnaden för att resa med taxi. Resultaten i denna rapport visar att kostnadsbilden i sin tur spelar stor roll för i vilken utsträckning taxiresor konkurrerar med resande med kollektivtrafik och i egen bil, och därigenom för vilken påverkan taxiresandet kommer att få på exempelvis trängsel och utsläpp samt på transportsystemet i stort.

Diskussionen om konkurrensen mellan taxi och kollektivtrafik kompliceras därmed av att en stor del av konkurrensen kan komma att utgöras av delad taxi, samtidigt som det är tänkbart att dessa delade taxibilar kan komma att bestå av företeelser som idag är att betrakta som kollektivtrafik. Mycket av det som är särskild eller anropsstyrd kollektivtrafik idag körs exempelvis av taxibilar, och det är tänkbart att gränsdragningen mellan taxi och kollektivtrafik försvåras ytterligare om de regionala kollektivtrafikmyndigheterna tillhandahåller allt fler varianter av anropsstyrd trafik. Denna förändring av kollektivtrafikbegreppet är inte nödvändigtvis en följd av automatisering, utan snarare av att det tillkommer en rad nya och/eller kombinerade tjänster inom kollektivtrafiken<sup>150</sup>. Det är dock tänkbart att denna utveckling kan påskynda och påskyndas av automatisering, eftersom de besparingsmöjligheter som automatiseringen bidrar med kan göra vissa tjänster mer attraktiva.

Ur perspektivet kombinerade resor finns också sannolikt potential för att den attraktivitet som automatiseringen kan medföra, inte minst för taxitjänster, kan bidra till att öka kollektivtrafikens attraktivitet gentemot bilen. Detta genom att möjliggöra smidigare och billigare anslutningsresor till

---

<sup>150</sup> För ytterligare beskrivning av nya och kombinerade mobilitetstjänster, se även rapporten Delad mobilitet idag och i framtiden (WSP, 2019a)



kollektivtrafiken. I ett scenario där förarlös taxi (delad eller ej) konkurrerar med bil finns sannolikt potential för en stärkt kollektivtrafik, främst inom långa resor. Det är också tänkbart att delar av anslutningsresorna kommer att utföras av enklare, automatiserade fordon. Man kan till exempel konstatera att de exempel på automatiserad kollektivtrafik som finns i dagsläget framförallt utgörs av denna typ av enklare fordon. En sådan utveckling ligger sannolikt betydligt närmare i tiden än den höga grad av automatisering som i huvudsak analyserats i denna rapport, och fångas således inte helt av den modellkörningar som gjorts inom ramen för detta projekt.

Kollektivtrafikens roll påverkas även av hur besparingarna inom kollektivtrafiken används. Analyserna visar att oavsett vilken strategi som väljs så kommer kollektivtrafikandelen att minska. Däremot blir minskningen av marknadsandelen mindre om biljettpriset sänks (minskning av antalet kollektivtrafikresor med mellan 5 och 60 procent) istället för om utbudet ökas (minskning med 20-70 procent).

Den utveckling som beskrivs ovan kan i sin tur bidra till att tydliggöra kollektivtrafikens roll vad gäller transport av stora resenärsvolymmer. Kollektivtrafiken har idag två (delvis) olika roller, dels som effektiv transport av stora mängder resenärer där det finns stora resandeunderlag, dels att erbjuda grundläggande tillgänglighet för alla. Utvecklingen av förarlösa fordon, och de effekter detta får, kan komma att befästa, eller förtydliga, den traditionella kollektivtrafikens roll vad gäller det första, det vill säga transport av stora resenärsflöden i starka stråk, medan glesare miljöer i högre grad servas av mindre, anropsstyrda fordon. Om dessa mindre anropsstyrda betraktas som kollektivtrafik kvarstår dock även kollektivtrafikens roll inom grundläggande tillgänglighet för alla, så som diskuteras ovan.

Vad som betraktas som kollektivtrafik kan vidare komma att avgöras av vem som tillhandahåller den. Idag finns såväl upphandlad som kommersiell kollektivtrafik och taxiverksamhet (som ovannämnt körs delar av den särskilda kollektivtrafiken med taxi). Denna uppdelning kommer sannolikt bli än mer otydlig om de regionala kollektivtrafikmyndigheterna satsar mer på anropsstyrd kollektivtrafik, och floran av olika tjänster ökar. Hur denna utveckling kan komma att se ut är oklart. Vissa bedömare menar att risken finns för framväxt av parallella transportsystem där privata aktörer "plockar russin ur kakan".<sup>151</sup> Samtidigt finns skäl att tro att de faktorer som motiverar dagens kollektivtrafik, så som internalisering av externa effekter<sup>152</sup>, skalfördelar<sup>153</sup>, *wider economic benefits*<sup>154</sup> och fördelningsaspekter<sup>155</sup> även motiverar en fortsatt storskalig offentlig drift av kollektivtrafik, om än med fler och mer varierande tjänster, exempelvis anropsstyrda, delade och automatiserade fordon.

---

<sup>151</sup> (Trafikanalys, 2019c)

<sup>152</sup> (WSP, 2019a)

<sup>153</sup> Skalfördelar som motiverar subvention av kollektivtrafiken härrör ur den så kallade Mohring-effekten. Mohring-effekten kan illustreras med ett enkelt exempel: Om en buss går en gång i timmen, och befintliga resenärer kommer till hållplatsen slumpmässigt, är den genomsnittliga väntetiden 30 minuter. Givet att antalet resenärer ökar så pass mycket att det blir motiverat med ytterligare en buss, det vill säga halvtimmestrafik, sjunker den genomsnittliga väntetiden till 15 minuter. Ökad efterfrågan har därmed minskat den totala restiden, och ökat nyttan, för samtliga befintliga resenärer.

<sup>154</sup> Ett samlingsbegrepp för indirekta effekter till följd av förbättrade transporter, se exempelvis rapporten *Analys av hur kollektivtrafiken kan öka sysselsättningen, produktiviteten och tillväxten* (WSP, 2019b)

<sup>155</sup> (WSP, 2018a)

Som ovannämnt är det tänkbart att automatiseringen tydligare kommer cementera den traditionella kollektivtrafikens roll inom starka stråk med stora resandeunderlag. Samtidigt ligger, som framgår av resultaten i denna rapport, de stora kostnadsminskningarna till följd av automatisering inom fordon med lägre beläggning. Detta talar för att automatiseringen också kan komma att bidra till att lyfta kollektivtrafiken just i glesare miljöer, där denna idag brottas med finansieringsproblem till följd av låg beläggning (vid större volymer, enligt ovan, med hög kapacitet, är ju förarkostnaden relativt sett ett mindre "problem").

Vad gäller frågan om utsläpp har detta endast beräknats översiktligt i denna rapport. Då tidsperspektiven är långa finns det fog för att tro att frågan om klimatutsläpp från vägtrafiken kommer vara av begränsad betydelse vid den nivå av automatisering som behandlats här, inte minst givet den förhållandevis snabba elektrifiering av fordon som sker i nuläget. Samtidigt kan frågor om energianvändning och energieffektivisering sannolikt förbli relevanta även i en framtid med klimatneutrala fordon. Detta understryker i sin tur vikten av delning av fordon, då detta är och förblir mer energieffektivt. Detta gäller vidare även för problemen med trängsel, buller och lokala utsläpp, och som diskuterats i denna rapport är detta sannolikt en av de huvudsakliga negativa effekterna som kan komma att kräva åtgärder, som följd av att automatiseringen ökar tillgången och sänker priset på vägtransport.

Slutligen bör det konstateras att många av de förutsägelser som gjorts i denna rapport bygger på antaganden om en hög grad av automatisering, något som ligger långt fram i tiden och således är förknippat med osäkerhet. Särskild när det gäller kvantifieringar bör resultaten därför tolkas med försiktighet, och det finns flera områden som kan komma att ha stor påverkan på hur och om förarlösa fordon kommer att påverka transportsektor i den utsträckning som redogjorts för i denna rapport, inte minst vilka regler, lagar och i vilken mån människor tar till sig den nya tekniken. Tidigare exempel på området, exempelvis automatiseringen av flygplan, tyder på att övergången till förarlöshet tar förhållandevis lång tid. De besparingar till följd av förarlöshet, som är den huvudsakliga drivkraften bakom de förändringar som analyseras i denna rapport, kommer inte att aktualiseras i närtid.

## 7 REFERENSER

- Anderson, James M., Nidhi Kalra, Karlyn D. Stanley, Paul Sorensen, Constantine Samaras, and Tobi A. Oluwatola, *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2016.  
[https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR443-2.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR443-2.html)
- BBC. (2020). *The three things that could kill the pilotless airliner*. Retrieved from [bbc.com](https://www.bbc.com/future/article/20191003-the-three-things-that-could-kill-the-pilotless-airliner): <https://www.bbc.com/future/article/20191003-the-three-things-that-could-kill-the-pilotless-airliner>
- Becker, F., & Axhausen, K. (2017). Literature review on surveys investigating the acceptance of automated vehicles. *Transportation*, 1293-1306.
- BlaBlaCar. (2020). *How chatty are you in the car?* Retrieved from [blablacar.com](https://blog.blablacar.com/blog/blablalife/travel-tips/chatty): <https://blog.blablacar.com/blog/blablalife/travel-tips/chatty>
- Bussmagasinet. (2014). *Utan invandrare stannar bussen*. Retrieved from [bussmagasinet.se](https://www.bussmagasinet.se/2014/07/utan-invandrare-stannar-bussen/): <https://www.bussmagasinet.se/2014/07/utan-invandrare-stannar-bussen/>
- Bussmagasinet. (2015-06-06). *Fart på bussen när elbilar åkte ut*. Retrieved from [bussmagasinet.se](https://www.bussmagasinet.se/2015/06/fart-pa-bussen-nar-elbilar-akte-ut/): <https://www.bussmagasinet.se/2015/06/fart-pa-bussen-nar-elbilar-akte-ut/>
- Börjesson, M. (2012). Valuing perceived insecurity associated with use of and access to public transport. *Transport Policy*, tillgänglig på <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:669358/FULLTEXT01.pdf>.
- Bösch, P., Becker, F., Becker, H., & Axhausen, K. (2018). Cost-based analysis of autonomous mobility services. *Transport policy*, 79-91.
- Ceccato, V., Sundling, C., Näsman, P., & Langefors, L. (2019). *Trygghet i kollektivtrafiken i Stockholm i ett internationellt perspektiv*. KTH.
- Chan, N. D., & Shaheen, S. (2012). Ridesharing in North America: Past, Present and Future. *Transport Reviews*, 32:1, 93-112.
- Cox, W. (2016). *Driverless Cars and the City: Sharing Cars, Not Rides*. US Department of Housing and Urban Development.
- Docherty, I., Marsden, G., & Anable, J. (2018). The governance of smart mobility. *Transportation Research Part A*, 114-125.
- Ekspertgruppen. (2018). *Mobilitet for fremtiden*. Transport-, Bygnings- og Boligministeriet.
- Forbes. (2019). *Carpool Cheats May Be Helping Traffic; How HOV Lanes Can Fail*. Retrieved from [forbes.com](https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2019/08/06/carpool-cheats-may-be-helping-traffic-how-hov-lanes-can-fail/#5085a6353d5d): <https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2019/08/06/carpool-cheats-may-be-helping-traffic-how-hov-lanes-can-fail/#5085a6353d5d>

- FRIDA - miljö- och fordonsdatabas. (2020). *FRIDA miljö- och fordonsdatabas*. Retrieved from svenskollektivtrafik.se: <http://www.frida.port.se/hemsidan/default.cfm>
- Gelauff, G., Ossokina, I., & Teulings, C. (2019). Spatial and welfare effects of automated driving: Will cities grow, decline or both? *Transportation Research Part A*, 277-294.
- Göteborgs stad. (2016). *Åtgärdsvalsstudie: Linbana över älven år 2021*. Godkänd av Trafiknämnden den 15 juni 2016.
- Hörl, S. (2017). Agent-based simulation of autonomous taxi services with dynamic demand responses. *The 6th International Workshop on Agent-based Mobility, Traffic and Transportation Models, Methodologies and Applications (ABMTrans 2017)*, 899-904.
- J.D. Power. (2020). *Most Consumers Still Say 'Thanks, but No Thanks' to Future Self-Driving and Electric Vehicle Offerings*. Retrieved from [jdpower.com: https://www.jdpower.com/business/press-releases/2019-q4-mobility-confidence-index-study](https://www.jdpower.com/business/press-releases/2019-q4-mobility-confidence-index-study)
- Jussila Hammes, J. (2019). *Styrmedel för självkörande fordon*. VTI working paper 2019:3.
- Klimatpolitiska rådet. (2019). *2019 - Klimatpolitiska rådets årsrapport*.
- Kottenhoff, K., & Byström, C. (2010). *När resenärerna själva får välja*. KTH.
- Kristoffersson, I., Penerestål Brenden, A., & Mattsson, L.-G. (2017). *Framtidsscenarier för självkörande fordon på väg - Samhällseffekter 2030 med utblick mot 2050*. VTI notat 18-2017: VTI.
- Krueger, R., Rashidi, T., & Rose, J. (2016). Preferences for shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part C*, 343-355.
- Lavieri, P. G. (2017). Modeling Individual Preferences for Ownership and Sharing of Autonomous Vehicles Technology. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. No. 2665, 1-10.
- Lavieri, P., Garikapati, V., Chandra, R., Ram, M., Astrosa, S., & Dias, F. (2017). Modeling Individual Preferences for Ownership and Sharing of Autonomous Vehicles Technology. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. No. 2665, 1-10.
- Litman, T. (2019). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions, Implications for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute.
- Litman, T. (2020). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions*. Victoria Transport Policy Institute.
- Meyer, J., Becker, H., Bösch, P., & Axhausen, K. (2017). Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities? *Research in Transportation Economics*, 80-91.

- Nobina. (2020, 05 08). *Bussförarutbildning - frågor och svar*. Retrieved from Nobina: <https://www.nobina.com/sv/sverige/jobba-hos-oss/bussforarutbildning-2/fragor--svar/#>
- Nordhoff S., J. d. (2018). User acceptance of automated shuttles in Berlin-Schönenberg: A questionnaire study. *Transport Research*.
- Ny Teknik. (2018-01-26). *De ska testa självkörande tåg i Nederländerna*. Retrieved from nyteknik.se: <https://www.nyteknik.se/fordon/de-ska-testa-sjalvkorande-tag-i-nederlanderna-6895265>
- Ny Teknik. (2019). *Volvos självkörande buss sparar tid i depån*. Retrieved from nyteknik.se: <https://www.nyteknik.se/fordon/volvo-sjalvkorande-buss-sparar-tid-i-depan-6978432>
- Ny Teknik. (2020-06-02). *Här blir man först med att testa förarlösa regionaltåg*. Retrieved from nyteknik.se: <https://www.nyteknik.se/fordon/har-blir-man-forst-med-att-testa-forarlosa-regionaltag-6996397>
- Pernestål Brenden, A., & Kristoffersson, I. (2018). Effects of driverless vehicles: A review of simulations. *CTS Working Paper 2018:11*.
- Pernestål, A., & Kristoffersson, I. (2018). Effects of driverless vehicles: A review of simulations. *Centre for Transport Studies Working Paper 2018:11*.
- Pernestål, A., & Kristoffersson, I. (2019). Effects of driverless vehicles – Comparing simulations to get a broader picture. *EJTIR*, 1-23.
- Pernestål, A., Engholm, A., & Kristoffersson, I. (2019). *Digitaliseringens effekter på transportsystemet – en förstudie*. KTH.
- Pernestål Brenden, A., & Kottenhoff, K. (2017). *Självkörande fordon som komplement till kollektivtrafiken – en förstudie för Stockholm*. Integrated Transport Lab, KTH.
- Pratt, A., Morris, E., Zhou, Y., Khan, S., & Chowdhury, M. (2019). What do riders tweet about the people that they meet? Analyzing online commentary about UberPool and Lyft Shared/Lyft Line. *Transportation Research Part F*, 459-472.
- Pydokka, R., & Wretstrand, A. (2016). *Vilken grad av prisdifferentiering? En översikt av analyser av optimala taxor i kollektivtrafiken*. K2 Outreach 2016:10.
- Railway Technology. (2020). *Around the world: 1,000km of fully automated metros*. Retrieved from railway-technology.com: <https://www.railway-technology.com/features/around-world-driverless-metro-lines/>
- Region Blekinge. (2020). Resvaneundersökning Blekinge 2019. april 2020, tillgänglig på: <https://regionblekinge.se/download/18.39a573511718e13c3e7ce1e/1587542380155/Resvaneunders%C3%B6kning%20Blekinge%202019.pdf>.
- Region Stockholm. (2020). *Upplevd kvalitet SL och Waxholmsbolaget 2019*.
- Region Örebro län. (2017). Resvanor i Örebro län. Rapport 2017:02.

- RISE. (2019). *Självkörande skyttlar i landsbygd*.
- RISE. (2019). *Tillståndsbeskrivning av området självkörande minibussar och taxi*. Rise.
- SACO. (2020, 05 08). *IT-yrken*. Retrieved from SACO Sveriges Akademiniker: <https://www.saco.se/studieval/yrken-a-o/it-yrken/>
- SAE. (2019, 01 07). *SAE J3061 Levels of driving automation*. Retrieved from SAE: <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles>
- Salonen, A. (2018). Passenger's subjective traffic safety, in-vehicle security and emergency management in the driverless shuttle buss in Finland. *Transport Policy*.
- Sieber, L., Ruch, C., Hörl, S., Axhausen, K., & Frazzoni, E. (2020). *Improved public transportation in rural areas with self-driving cars: A study on the operation of Swiss train lines*. Transportation Research Part A: Policy and Practice.
- SKR. (2017). *Kollektivtrafikens kostnadsutveckling - en överblick - Vad förklarar utvecklingen 2011-2015*. Sverigs Kommuner och Regioner (tidigare Sveriges Kommuner och Landsting) .
- SKR. (2018). *Automatiserade fordon i lokal och regional miljö*. Sveriges kommuner och regioner (tidigare Sveriges kommuner och landsting).
- SOU. (2003:67). *Statens offentliga utredningar från Näringsdepartementet*. Regeringskansliet.
- SOU. (2018:16). *Vägen till självkörande fordon - introduktion*. Stockholm 2018: Statens offentliga utredningar.
- SOU. (2018:62). *Kamerabevakning i brottsbekämpningen – ett enklare förfarande*. Statens offentliga utredningar: Regeringskansliet.
- Sweco. (2019). *Analys- och modellverktyg i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon*. Utr 2018/39 Del 2: Internationell utblick. Uppdrag åt Trafikanalys.
- Svensk Kollektivtrafik. (2017). *Mer kollektivtrafik och samhällsnytta för pengarna*.
- Svensk Kollektivtrafik. (2019). *Kollektivtrafikbarometern årsrapport 2019*.
- Sveriges Bussföretag. (2018). *Statistik om bussbranschen Mars 2018*.
- Sveriges Bussföretag. (2019). *Statistik om bussbranschen - Augusti 2019*.
- SVT. (2019). *Kollektivtrafiken i Stockholm kan kameraövervakas utan tillstånd*. Retrieved from svt.se: <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/tunnelbanetag-i-stockholm-ska-kameraovervakas>
- Trafikanalys. (2019a). *Regional linjetrafik 2018*. Trafikanalys Statistik 2019:22.
- Trafikanalys. (2019b). *Bantrafik 2018*. Trafa Statistik 2019:17.

- Trafikanalys. (2019c). *Uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system – ett kunskapsunderlag*. Trafikanalys Rapport 2019:8.
- Trafikverket. (2012). Resvaneundersökning RVU i Sydöstra Sverige. TV17381 2012:237.
- Trafikverket. (2018). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1*. Trafikverket, version 6.1 2018-04-01.
- Trafikverket. (2019). *Färdplan - för ett uppkopplat och automatiserat vägtransportsystem*. TRV 2019:113.
- Trafikverket. (2020). *Beskrivning av Scenarioverktyget - Verktygets uppbyggnad, antaganden och effektsamband*. Underlag till Scenarier för att nå klimatmålet för inrikes transporter – ett regeringsuppdrag.
- Transportföretagen. (2019). *Kompetensförsörjning när transportsektorn digitaliseras 2.0*.  
<https://www.transportforetagen.se/globalassets/rapporter/kompetensforsorjning/kompetensforsorjning-nar-transportsektorn-digitaliseras-2.0.pdf?ts=8d79f200b165f80>.
- Transportstyrelsen. (2020). *Statistik över koldioxidutsläpp 2018*. Retrieved from transportstyrelsen.se:  
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik/Statistik-over-koldioxidutslapp/statistik-over-koldioxidutslapp-2018/>
- Transportstyrelsen. (2020, 05 06). *Statistik över vägtrafikolyckor - nationell årsstatistik*. Retrieved from Transportstyrelsen:  
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik/olycksstatistik/statistik-over-vagtrafikolyckor/>
- Tyréns. (2013). *Förstudie Linbanor som alternativ kollektivtrafik i Göteborg*. Göteborgs stad - Trafikkontoret.
- TØI . (2019). *Societal consequences of automated vehicles - Norwegian scenarios*. TØI report 1700/2019.
- U.S. Department of Transportation. (2015). *Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*. tillgänglig på:  
<https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>.
- UITP. (2018). *World Report on Metro Automation 2018*.  
<https://www.uitp.org/world-report-metro-automation-2018>: hämtat 2020-06-24.
- WSP. (2016). *Metod för DALY-beräkningar i transportsektorn*. Trafikverket, TRV 2014/44017.
- WSP. (2018a). *Kollektivtrafikens nytta för kommunerna, landstingen och regionerna*. WSP på uppdrag av Svensk Kollektivtrafik.
- WSP. (2018b). *Kollektivtrafikens bidrag till transportsektorns klimatmål*. Uppdrag åt Svensk Kollektivtrafik.
- WSP. (2019a). *Delad mobilitet idag och i framtiden*. WSP på uppdrag av Partnersamverkan för en förbättrad kollektivtrafik.



WSP. (2019b). *Analys av hur kollektivtrafiken kan öka sysselsättningen, produktiviteten och tillväxten*. WSP på uppdrag av Svensk Kollektivtrafik.

VTI. (2020). *Trötta förare bakom många olyckor*. Retrieved from vti.se:  
<https://www.vti.se/sv/nyheter/trotta-forare-bakom-manga-olyckor/>

Zhang, W., Guhathakurta, S., Fang, J., & Zhang, G. (2015). Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach. *Sustainable Cities and Society*, 34-45.

## BILAGA - MODELLANTAGADEN

Här listas några av de viktigaste antagandena som är gjorda i System Dynamics-modellen. Modellen är en anpassad version av en modell som utvecklats genom globalt samarbete inom WSP under 2018 och 2019, se [www.wsp.com/system-dynamics](http://www.wsp.com/system-dynamics). System Dynamics är en väletablerad modelleringsteknik som lämpar sig väl för att studera komplexa skeenden över tid, i system där det existerar olika typer av återkoppling mellan olika delar av systemet. Läs mer på exempelvis engelskspråkiga Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/System\\_dynamics](https://en.wikipedia.org/wiki/System_dynamics).

I centrum för modellen finns en valmodell, där ett fixt antal resor fördelas mellan olika färd sätt beroende på dess attraktivitet. Endast resor över fem kilometer är inkluderade, vilket (i stor utsträckning) utesluter gång- och cykelresor från modellen. Endast kollektivtrafik, taxi och privat bil beaktas. Färd sättens egenskaper representeras av genomsnittet, exempelvis genomsnittlig resedistans (samma för alla färd sätt), restid, kostnad, med mera. Dessa genomsnitt kan dock variera över tid.

Automatiseringen av fordonsflottan kan få fler effekter än de som tagits med i modellen. En viktig faktor skulle kunna vara påverkan på bilinnehav – då billiga självkörande taxitjänster finns tillgängliga, kan människors benägenhet att äga egen bil gå ned, vilket i sin tur ökar efterfrågan på kollektivtrafik och taxiresor. En annan viktig faktor är den att det inte längre är säkert att det behövs ett körkort för att resa med privat bil, vilket kan öka efterfrågan från exempelvis barn och andra som inte kan eller vill köra bil idag. Dessa faktorer har stora osäkerheter, och därför har dynamik som gäller innehav av egen bil inte tagits med i modellversionen som använts till denna rapport.

I Tabell 7 anges några grundläggande parametervärden som använts i modellberäkningarna.

Tabell 7: Några viktiga parametervärden

Parameter	Värde
Tomkörningsandel, taxi	50 %
Tomkörningsandel, självkörande privat bil	20 %
Antal personer i resa med privat bil	2
Antal resenärer i delad taxiresa	2,5
Andel bränslekostnader av km-kostnad för taxi	10 %
Andel bränslekostnader av operativ kostnad kollektivtrafik	14 %
Andel förarkostnader för taxidrift	50 %
Andel förarkostnader kollektivtrafikdrift	51 %

## Storstadsregion- och mellanregion

I Tabell 8 nedan anges de modellparametrar som använts för att definiera de två regiontyperna, samt de färdhetsandelar för ett nuläge som använts som målvariabler för kalibreringen. Observera att modellen endast omfattar resor över fem kilometer, och att värdena i tabellen alltså gäller genomsnitt bortsett från kortare resor. Där "start" anges innebär det att det är variabelns startvärde, och att värdet under modelleringen kommer att variera till följd av exempelvis automatiseringen av fordonsflottan och dess systemkonsekvenser.

För storstadsregionen har värden hämtats framför allt från LuTrans-modellen för Stockholm. För att skapa en mellanregion har tre resvaneundersökningar innefattande regionerna Blekinge, Jönköping, Kalmar, Kronoberg och Örebro sammanställts och utifrån dem har uppskattningar för resor över fem kilometer gjorts.<sup>156 157 158</sup>

Vidare har vissa parametrar (väntetid och så kallad ASC<sup>159</sup> för kollektivtrafik) använts som kalibrering för att nå rätt värden på målvariablerna.

Tabell 8: Värden som använts för att skilja storstadsregion från mellanregion i modellen

Parameter/kalibrering	Storstadsregion	Mellanregion
Genomsnittlig reslängd	17,94 km	29,7 km
Genomsnittlig restid bil (start)	24 min	27,4 min
Trängseleffekt på restid bil/taxi	0,5	0,1
Gångtid till hållplats (start)	12,17 min	16 min
Väntetid kollektivtrafik (start)	4,74 min	30 min
Pris kollektivtrafikresa (start)	45 kr	45 kr
Restid kollektivtrafik	36,37 min	63,3 min
Väntetid taxi	5 min	15 min
Extra restid för delad taxi	10 %	30 %
Kollektivtrafikandel, antal resor (nuläge)	50 %	13 %
Bilandel, antal resor (nuläge)	50 %	87 %
Taxiandel, antal resor (nuläge)	1%	
Kollektivtrafik ASC	3	2,3
Körkortsandel	65 %	90 %

<sup>156</sup> (Trafikverket, 2012)

<sup>157</sup> (Region Blekinge, 2020)

<sup>158</sup> (Region Örebro län, 2017)

<sup>159</sup> *Alternative-Specific Constant*, en parameter som används i trafikmodellering för att representera faktorer som inte är beroende av restid, kostnad och andra modellerade storheter. I detta fall innebär den lägre konstanten en preferens för bil framför kollektivtrafik.

## BILAGA – RVU

Utdrag från den nationella resvaneundersökningen (RVU) bygger på utdrag från den nationella resvaneundersökningen för år 2011–2016. Antal personkilometer är framräknat utifrån antal resor fördelat på län, färdmedel (bil, upphandlad kollektivtrafik, gång, cykel samt övrig kollektivtrafik), reslängder (kort, medel och lång) samt genomsnittliga reslängder för dessa (2,5, 17,5 samt 50 kilometer).

Antal för följdberäkningar för storstadsregionen i System Dynamics-modellen bygger på motsvarande andelar för Stockholms län.

Tabell 9: Antal resor och personkilometer (RVU), Storstadsregion

Färdmedel	Antal resor	Antal personkilometer
Bil	2 310 267	37 564 190
Kollektivtrafik	1 158 437	19 258 857
Gång	2 468 287	10 004 297
Cykel	417 485	2 567 632

Antal för följdberäkningar för mellanregionen i System Dynamics-modellen bygger på andelarna för Blekinge, Örebro, Kronoberg, Jönköpings samt Kalmar län. Detta eftersom modelleringen i System Dynamics modellen utgår från resvaneundersökningar från dessa län.

Tabell 10: Antal resor och personkilometer (RVU), Mellanregion

Färdmedel	Antal resor	Antal personkilometer
Bil	2 249 576	37 603 315
Kollektivtrafik	211 328	5 503 268
Gång	1 154 892	6 794 487
Cykel	707 054	4 792 816

## BILAGA – INTERVJUER

Följande personer har intervjuats i samband med framtagandet av denna rapport (organisation inom parentes):

- Alexander Paulsson (K2)
- Erik Almlöf (KTH/Trafikförvaltningen Region Stockholm)
- Paul van Doninck (Jernhusen)
- Karl Orton (Keolis)
- Christian Monstein (Transdev)

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

### WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)





**Partnersamverkan  
för en förbättrad  
kollektivtrafik**

[www.partnersamverkan.se](http://www.partnersamverkan.se)