TRAFIK ANALYS

Uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system – ett kunskapsunderlag

Rapport 2019:8

Uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system – ett kunskapsunderlag

Rapport 2019:8

Trafikanalys
Adress: Rosenlundsgatan 54
118 63 Stockholm
Telefon: 010 414 42 00
Fax: 010 414 42 10
E-post: trafikanalys@trafa.se
Webbadress: www.trafa.se
Ansvarig utgivare: Brita Saxton
Datum: 2019-06-14

Förord

Trafikanalys har fått i uppdrag av regeringen att ta fram ett trafikslagsövergripande kunskapsunderlag som belyser utmaningar och möjligheter med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system. Denna rapport är Trafikanalys redovisning av uppdraget.

Lennart Thörn har varit projektledare för uppdraget och övriga medarbetare har varit Tom Andersson, Pia Bergdahl, Backa Fredrik Brandt, Anders Ljungberg, Björn Olsson och Linda Ramstedt.

Stockholm i juni 2019

Brita Saxton
Generaldirektör

Innehåll

Förord ... **3**

Sammanfattning ... **5**

Summary ... **9**

1 Bakgrund ... **13**

1.1 Uppdraget ... 13

1.2 Vilka nyttor driver utvecklingen och vilka utmaningar finns? ... 14

1.3 Avgränsningar ... 17

1.4 Definitioner och egenskaper ... 19

2 Hur ser nuläget ut? ... **23**

2.1 Transportarbete per trafikslag ... 23

2.2 Vägtrafik ... 25

2.3 Sjöfart ... 39

2.4 Bantrafik ... 44

2.5 Luftfart ... 49

2.6 System ... 53

2.7 Fossilfrihet ... 58

3 Utveckling i förhållande till de transportpolitiska målen ... **63**

3.1 De transportpolitiska målen ... 63

3.2 Scenarier för utvecklingen ... 64

3.3 Effekter på de transportpolitiska målen ... 68

4 Nya risker med intelligenta transportsystem ... **77**

5 Hur ska vi styra mot de transportpolitiska målen? ... **85**

5.1 Styrmedel i dag ... 85

5.2 Viktigare styrmedel vid automatisering ... 87

6 Hur ska analys- och prognosmodeller anpassas till utvecklingen? ... **95**

6.1 Analys och prognostisering av utvecklingen av fordon, farkoster och system ... 95

6.2 Dagens analys- och prognosmodeller ... 97

6.3 Modeller i framtiden ... 98

7 Reflektioner ... **105**

Källförteckning ... **107**

Bilaga 1 Regeringsuppdrag ... **115**

Sammanfattning

Transportsektorn och de tjänster som den levererar är inne i flera stora förändringsprocesser. Vart detta leder kan inte i alla delar förutses, det finns dock tydliga trender med en stor samsyn kring. Digitaliseringen kommer att medföra en ökad uppkoppling, samverkan och automatisering samtidigt som det skapar förutsättningar för en introduktion av delningstjänster.

Regeringen har mot ovanstående bakgrund gett Trafikanalys i uppdrag att ta fram ett trafikslagsövergripande kunskapsunderlag som belyser utmaningar och möjligheter med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system. I redovisningen ska även delning och fossilfrihet ingå.

De nyttor som ett uppkopplat, samverkande och automatiserat transportsystem kan komma att innebära är i första hand förbättrad trafiksäkerhet, ökad tillgänglighet, minskad miljöpåverkan och effektivare användning av infrastruktur, liksom av fordon och farkoster. Mycket talar för att transportkostnaderna kan sänkas.

Förändringsprocessen kommer att ha störst påverkan på vägtrafiken, inte bara för att denna delsektor i ekonomiska termer är den största. Det är också här nyttorna blir mest påtagliga i form av förbättrad trafiksäkerhet, ökad tillgänglighet och effektiviseringar. Det beror dels på att antalet trafikolyckor, utsläpp och trängsel utgör störst problem inom denna delsektor, dels på att de övriga trafikslagen har hunnit längre i denna utveckling. En väsentlig förklaring till att de övriga trafikslagen hunnit längre i utvecklingen är att vägtrafiken har en mer omfattande infrastruktur, fler aktörer, fler fordon och att tillgängligheten till vägtrafiksystemet i flera avseenden är obegränsad. Framför allt bantrafik och luftfart fungerar däremot redan idag som system med långt driven trafikledning.

De utmaningar som har identifierats kan delas in i två kategorier, dels de utmaningar som beror på *effekter* av uppkopplad, samverkande och automatiserad trafik, dels utmaningar som är kopplade till att dessa egenskaper *implementeras* på ett önskvärt sätt.

När det gäller den första kategorin är det inom vägtrafiken som sådana utmaningar har identifierats. Det avser främst negativa effekter i form av ökad trafik som också kan motverka de positiva effekterna på trafiksäkerheten, tillgänglighet och miljö, men även bidra till ett mer utspritt boendemönster och försämra underlaget för kollektivtrafik.

Delat resande kommer att bli mycket viktigt för att lyckas begränsa den förväntade trafikökningen i urbana miljöer utan att behöva införa direkta trafikbegränsningar. Det krävs för att skapa en god bebyggd miljö och för att hantera de trafiksäkerhets-, framkomlighets- och miljöproblem som trafiktillväxten riskerar att föra med sig. Det finns dock en tröghet när det gäller samtidig delning av fordon, där en del av förklaringen finns i lagstiftningen för beskattning och arbetsrätt. Den tillväxt som skett i Sverige, och internationellt, avser främst sekventiell delning av elscootrar.

Det finns många och stora utmaningar med att implementera ett uppkopplat, samverkande och automatiserat transportsystem. Utmaningarna spänner över flera sektorer och nivåer som till exempel teknik, juridik och ekonomi. Gemensamt för utmaningarna oavsett trafikslag är att de ofta kräver lösningar på internationell nivå.

I uppdraget ingår även att redovisa fossilfrihet. Trafikanalys har, med hänvisning till annat arbete som pågår, avgränsat redovisningen till de effekter som uppstår till följd av uppkoppling, samverkan och automatisering. Vägtrafiken svarar för 93 procent av växthusgaserna från inrikes trafik. Utvecklingen avseende uppkoppling, automatisering och samverkan bedöms innebära att utsläppen från vägtrafik kan minska bland annat till följd av mer bränslesnål körning, att fordonskolonner kan bildas och jämnare trafikflöden. Men det finns också faktorer som innebär att utsläppen från vägtrafiken ökar; nya grupper får tillgång till bil, lägre generaliserad reskostnad och stärkt konkurrenskraft för vägtrafik. När, om och i så fall i vilken omfattning, andra utvecklingslinjer såsom elektrifiering får genomslag påverkar det effekterna i stor utsträckning och påverkas i sin tur till stor del av vilka styrmedel som kommer att användas för att gynna eller motverka en utveckling i någon riktning.

Effekterna på de transportpolitiska målen är inte entydiga. Det finns dimensioner där utvecklingen leder i riktning mot målen, men även de som leder i andra riktningen. För att analysera frågan har Trafikanalys använt tre olika scenarier. Baserat på utvecklingen i dem har det bedömts hur de nyckelindikatorer som används i Trafikanalys årliga uppföljning av de transportpolitiska målen påverkas. Beträffande det övergripande transportpolitiska målet konstateras att uppkopplingen medför möjligheter att ta fram uppgifter om fordonens och fartygens användning som bättre än nu kan kopplas till deras marginalkostnader och därmed göra det möjligt till mer precisa avgifter, vilket i sin tur innebär att över- respektive underinternalisering lättare kan undvikas. Effekterna på tillgänglighetsmålet är i huvudsak positiva, främst till följd av den ökade tillgängligheten och effektivare trafikstyrning. För hänsynsmålet väntas den specifika påverkan per fordonskilometer sjunka, samtidigt som det finns risk för en totalt sett negativ påverkan till följd av ökad vägtrafik.

Utvecklingen rymmer en rad potentiella målkonflikter,

(1) mellan ett kostnadseffektivt och integrerat transportsystem respektive samhällets sårbarhet för extrema risker,

(2) mellan enkel och effektiv datakommunikation respektive datasäkerhet och

(3) mellan storskalig tillgång till data för verksamhetssamordning respektive integritetsrisker.

Dessa målkonflikter löses inte av sig självt. Trafikanalys rekommenderar att det nationella ansvaret för riskhantering klarläggs och att resurser sätts av. Transportmyndigheter och flera branschaktörer har viktiga uppgifter inom området.

Förändringar av styrmedel i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system kommer att krävas avseende alla trafikslag. Av allt att döma kommer de mest radikala förändringarna att krävas för vägtrafik. För sjöfart, luftfart och järnväg bedöms de framtida regelverken vara mer lika dagens system. Några faktorer som har betydelse för effekter och styrmedelsbehov är vilken riktning den spontana utvecklingen tar avseende:

- Individuell eller delad tillgång till självkörande fordon?
- Individuellt eller delat användande av självkörande fordon?
- Hur självkörande fordon implementeras i stadsmiljö respektive på landsbygd?
- Anpassning och integrering med dagens subventionerade kollektivtrafik?

Beaktat de osäkerheter som finns om utvecklingen konstateras att en bred palett av styrmedel kommer att behöva analyseras inför framtiden. Exempelvis är om, eller kanske snarare var

och när, det finns skäl att kräva uppkoppling och informationsdelning, vilka möjligheter kommuner ska ges till en mer detaljerad trafikstyrning och om det behövs incitament för ökad delning. Viktiga frågor är också om det behövs regleringar av eventuella monopol för delningstjänster och hur gränsen mellan automatiserade privata transporter och kollektivtrafik ska regleras.

De modeller som används för trafiksimuleringar och samhällsekonomiska beräkningar bland annat i syfte att prognosticera och analysera effekter av olika transportpolitiska åtgärder kommer inledningsvis att behöva anpassas till de nya förutsättningarna som uppkopplad, samverkande och automatiserad trafik ger. Det handlar både om krav på utvecklade indata för bland annat tidsvärden, res- och transportkostnader och kapacitet i nätverket. På längre sikt bedömer Trafikanalys att nya modellkoncept behövs, men konstaterar också att med uppkopplade fordon kommer aktuell trafikinformation att finnas tillgänglig och att det blir lättare att förutse körbeteenden då styrning och reglering, snarare än individuella beslut, avgör hur fordonen kommer att bete sig.

Summary

The transport sector and its services are amidst several major change processes. Not every aspect of where this is leading can be foreseen, but there is strong consensus regarding certain distinct trends. Digitalisation will bring greater connection, cooperation, and automation while creating favourable conditions for the introduction of sharing services.

Considering this, the government has tasked Transport Analysis with producing a knowledge base covering all modes of transport and shedding light on the challenges and opportunities afforded by connected, cooperative, and automated vehicles, vessels, and systems. The report will also address sharing and fossil fuel freedom.

The primary benefits that a connected, cooperative, and automated transport system may bring are improved traffic safety, greater accessibility, reduced environmental impact, and more efficient use of infrastructure, vehicles, and vessels. There is considerable evidence that transport costs could be lowered as well.

The change process will have the greatest impact on road transport, and not only because that is the largest subsector in economic terms. It is also here that the benefits will be most palpable in the form of improved traffic safety, accessibility, and efficiency. This is partly because traffic accidents, emissions, and congestion constitute the biggest problems in this sector, and partly because other transport modes have progressed further along this development path. One significant reason why other transport modes have progressed further is that road transport involves a more extensive infrastructure, more actors, and more vehicles, and because the accessibility of the road transport system is unlimited in several respects. Conversely, rail and air transport are already functioning as systems with advanced traffic management.

The challenges identified can be divided into two categories: those depending on the *effects* of connected, cooperative, and automated transport, and those tied to *implementing* these properties in a desirable way.

Regarding the first category, it is in the road transport sector that such challenges have been identified, pertaining mainly to negative effects stemming from increased traffic. These challenges could offset the positive effects on traffic safety, accessibility, and the environment, and also contribute to a more dispersed residence pattern and a degraded basis for public transport.

Ride sharing will become very important if we are to succeed in limiting the anticipated increase in urban traffic without having to introduce direct traffic restrictions. This is essential to creating a good environment in built-up areas, and to managing the traffic safety, traffic flow, and environmental problems that increased traffic could entail. However, there is inertia with respect to simultaneous vehicle sharing, partly attributable to taxation legislation and labour laws. The growth in such sharing that has occurred in Sweden and internationally pertains mainly to the sequential sharing of electric scooters.

The challenges involved in implementing a connected, cooperative, and automated transport system are many and major. They span multiple sectors and levels, such as technology, law, and economics. Common to all, regardless of the transport mode in question, is that they often require solutions at the international level.

Our task also includes reporting on fossil fuel freedom. In view of other work in progress, Transport Analysis has limited this reporting to the effects resulting from connection, cooperation, and automation. Road transport accounts for 93% of the greenhouse gas emissions from domestic transport. Developments in terms of connection, automation, and cooperation could result in decreased emissions from road transport, partly due to the consequences of more fuel-efficient driving, the ability to form vehicle platoons, and smoother traffic flows. However, other factors could lead to increased emissions from road transport, such as new groups accessing cars, lower general travel costs, and the increased competitiveness of road transport. When and, if so, to what extent other directions of development, such as electrification, have an impact will greatly influence these effects and will in turn be greatly influenced by the policy instruments used to promote or counteract developments in certain directions.

The effects on our transport policy objectives are not clear cut. There are dimensions in which the trend is leading towards these objectives, as well as others leading in the opposite direction. Transport Analysis has used three scenarios in analysing this issue. Based on the developments in each of them, we have assessed how the key indicators used in Transport Analysis's annual follow-up of the transport policy objectives are affected. Regarding the overall transport policy objective, we see that connection affords opportunities to generate data about vehicle and vessel use that can be linked, better than at present, to their marginal costs, thereby enabling more precise fees, which in turn means that over- and under-internalisation can be more easily avoided. The effects on the accessibility objective are essentially positive, mainly due to increased accessibility and more efficient traffic management. In the case of the impact objective, the specific effect per vehicle kilometre is expected to decrease, while there is the risk of a negative overall effect resulting from increased road traffic.

These developments contain a range of potential conflicts in terms of the transport policy objectives:

1) a cost-effective and integrated transport system versus society's vulnerability to extreme risks,
2) simple and efficient data communication versus data security, and
3) large-scale access to data for coordinating activities versus integrity risks.

These conflicting objectives will not resolve themselves. Transport Analysis recommends that the national responsibilities for risk management be clarified and that resources be allocated. Transport agencies and a number of industry actors have important tasks in this area.

Changes in policy instruments will be needed with regard to every mode of transport in a future of more connected, cooperative, and automated vehicles, vessels, and systems. All indications are that road transport will require the most radical changes. We believe that the regulatory systems of the future will be more like the current ones for maritime traffic, aviation, and rail transport. Some of the significant factors in terms of effects and policy-instrument needs concern the direction that spontaneous developments take regarding:

- individual versus shared access to self-driving vehicles
- individual versus shared use of self-driving vehicles
- implementation of self-driving vehicles in urban environments and rural areas
- adaptation and integration with today's subsidised public transport

Taking into account the uncertainties regarding future developments, it is clear that a broad range of policy instruments will need to be analysed for the future, such as whether, or perhaps rather where and when, there will be reasons to require connection and information sharing, what opportunities municipalities are to be given for more detailed traffic management, and whether incentives for greater sharing need to be created. Other important issues include whether the regulation of any monopolies for sharing services is necessary and how the interface between automated private transport and public transport is to be regulated.

The models used in traffic simulations and socioeconomic calculations in part to predict and analyse the effects of various transport policy measures will initially need to be adapted to the new conditions created by connected, cooperative, and automated transport. This pertains both to demand for highly developed input data regarding the value of time, travel, and transport costs, and to network capacity. In the longer term, Transport Analysis believes that new model concepts will be needed, but also sees that, with connected vehicles, real-time traffic information will be available, making it easier to predict driving behaviour when control and regulation, rather than individual decisions, determine how vehicles behave.

1 Bakgrund

1.1 Uppdraget

Transportsektorn och de tjänster som den levererar är mitt uppe i flera stora förändringsprocesser. Vart detta leder kan ingen med säkerhet säga. Det finns dock tydliga trender i förändringen som det finns en stor samsyn kring. Digitaliseringen kommer att medföra en ökad uppkoppling, samverkan och automatisering samtidigt som den skapar förutsättningar för en introduktion av delningstjänster. Även om samsyn finns om att detta är företeelser som kommer att växa, så finns det många olika uppfattningar om tidsperspektiven, var de olika trenderna slår igenom först och hur styrmedel bör utformas för att leda i riktning mot de transportpolitiska målen.

Regeringen har mot ovanstående bakgrund gett Trafikanalys i uppdrag att ta fram ett trafikslagsövergripande kunskapsunderlag som belyser utmaningar och möjligheter med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system, se *Bilaga 1.* Regeringen anger att genom de möjligheter som digitaliseringen och automatiseringen erbjuder kan uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system bidra till en bättre livsmiljö både när det gäller buller och luftkvalitet, minskad klimatpåverkan, effektivare användning av infrastruktur och säkrare resor, samtidigt som människors och näringslivets tillgänglighet blir bättre i hela landet. Av uppdragstexten framgår att Trafikanalys även ska inkludera utvecklingen av delade och fossilfria fordon, farkoster och system i redovisningen.

Trafikanalys ska utreda vilka effekter som kan väntas när det gäller påverkan på de transportpolitiska målen och andra relevanta samhällsmål och hur transportsystemet kan användas mer effektivt utan att äventyra integritet, datasäkerhet och samhällets sårbarhet.

Vidare ska Trafikanalys redovisa vilka styrmedel som bör användas för att främja en utveckling som leder mot uppfyllandet av de transportpolitiska målen samt analysera offentliga aktörers ansvar och roller för att främja denna utveckling.

Avslutningsvis ska Trafikanalys redovisa vilka analys- och modellverktyg som behövs för att analysera utvecklingen av dessa fordon, farkoster och system, men också nya krav som ställs på modeller- och planeringsverktyg.

Konsultstöd har använts för att ta fram underlag för avsnitten om styrmedel och modell-utveckling samt för kvalitetsgranskning av avsnitten om sjöfart, luftfart och bantrafik. Under uppdraget har Trafikanalys haft kontakter med och samrått med ITS-Sweden, K2, KTH ITRL, RISE Victoria, Trafikverket, Transportstyrelsen, Vinnova, Volvo Cars och Volvo AB.

1.2 Vilka nyttor driver utvecklingen och vilka utmaningar finns?

Både politik och näringsliv driver utvecklingen mot mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon. Hur kunderna ser på utvecklingen är inte självklart. Att gods-transportköparna, och i förlängningen konsumenterna, vill ha de lägre kostnader automatisering bedöms kunna innebära är klarlagt, men för persontransporter är bilden mer splittrad.

De politiska initiativen för att främja uppkoppling, samverkan och automatisering finns främst inom vägtrafiken. I juli 2010 antog Europaparlamentet och Rådet ett direktiv om ett ramverk för införande av intelligenta transportsystem (ITS) på vägtransportområdet och för gränssnitt mot andra trafikslag[1], det så kallade ITS-direktivet. I en delegerad akt som beslutades av Kommissionen i mars 2019 har specifikationer för kommunikation från fordon till fordon, mellan fordon och infrastruktur och från infrastruktur till infrastruktur fastställts liksom specifikationer för att säkerställa kompatibilitet, interoperabilitet och kontinuitet vid införande och operativ användning av unionsomfattande C-ITS-tjänster på grundval av tillförlitlig och säker kommunikation.[2]

I Amsterdamdeklarationen som lades fram våren 2016 formulerades mål för att driva på utvecklingen avseende uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon. I deklarationen betonas den stora potential som uppkoppling, samverkan och automatisering har för att förbättra trafiksäkerheten och effektiviteten i transportsystemet samt minska transporternas miljöpåverkan. Även näringspolitiska aspekter lyfts fram som viktiga för att stärka Europas konkurrenskraft gentemot omvärlden. Europeiska kommissionen har därefter tagit fram en strategi för samverkande intelligenta transportsystem[3] och en strategi för automatiserad rörlighet.[4]

Trafikverket och Transportstyrelsen fick 2013 i uppdrag att revidera den svenska ITS-strategin med anledning av att ITS-direktivet införlivats i svensk lagstiftning.[5] I uppdraget ingick bland annat att ta fram en nationell strategi för användningen av ITS och införande av ITS-direktivet, beskriva hur Sverige ska påverka den europeiska utvecklingen inom ITS-området samt att ta fram en uppföljningsbar handlingsplan. Handlingsplanen består av fem mål som alla har uppföljningsbara åtgärder med utpekade ansvar kopplade till sig. De fem målen är:

1. ITS ska vara en självklar del av planerings- och investeringsprocessen.
2. Ta initiativ inom internationellt policyarbete.
3. Samordna ITS-relaterad FOI nationellt och internationellt.
4. Regelgivningsprocesserna anpassas till den snabba teknikutvecklingen.

---

[1] Europaparlamentets och rådets direktiv, 2010/40/EU *om ett ramverk för införande av intelligenta transportsystem på vägtransportområdet och för gränssnitt mot andra transportslag.*
[2] Europeiska kommissionen C(2019) 1789 final, *komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/40/EU vad gäller införande och operativ användning av samverkande intelligenta transportsystem.*
[3] Europeiska kommissionen COM(2016) 766 Final, *En europeisk strategi för samverkande intelligenta transportsystem, en milstolpe mot samverkande, uppkopplad och automatiserad rörlighet.*
[4] Europeiska kommissionen COM(2018) 283 final, *Vägen mot automatiserad rörlighet – en EU-strategi för framtidens rörlighet.*
[5] Trafikverket 2014, *Nationell strategi och handlingsplan för användning av ITS.*

5. ITS ska i första hand utvecklas genom att utnyttja befintlig digital infrastruktur och lösningar nationellt och internationellt.

2017 kompletterades den nationella den nationella strategin med vidareutvecklade strategier och handlingsplaner.[6] Uppföljningen av målen sker via en årlig resultatkonferens som anordnas av ITS Sweden.[7]

Regeringen har beslutat om fem strategiska innovationsprogram, där ett program behandlar nästa generations resor och transporter. Genom digitalisering, nya drivmedel och miljövänligare transporter ska klimatpåverkan minska och exporten gynnas.[8] I kommittédirektiven till utredningen om självkörande fordon[9] framgår att det finns förhoppningar att tekniken ska möjliggöra ett bättre kapacitetsutnyttjande, minska utsläpp och resultera i färre olyckor. De fördelar som politiken ser i utvecklingen gör också att pengar för forskning och utveckling inom transportområdet styrts till detta, ett exempel är fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI) som är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin.[10]

Även om de politiska initiativen främst har gällt vägtrafiken så är det samma nyttor med en uppkopplad, samverkande och automatiserad trafik inom de övriga trafikslagen med undantaget att betoningen på att öka trafiksäkerheten inte är lika stark som inom vägtrafiken.

Färre och mindre allvarliga olyckor är ett viktigt argument för att introducera självkörande fordon. Hur acceptansen ser ut för olyckor orsakade av självkörande fordon vet vi dock lite om, men de olyckor som hittills har skett har blivit mycket uppmärksammade. Betraktas de självkörande fordonen som ett system är det mycket möjligt att acceptansen för olyckor i ett sådant system snarare kan jämföras med acceptansen för olyckor i järnvägs- och flygsystemen.

Ur ett politiskt perspektiv framstår således fördelarna med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon som uppenbara, men vad är det som driver fordonsindustrin att satsa stora ekonomiska summor? Konkurrens och vinstmaximering i en marknadsekonomi innebär en ständig strävan mot produktivitetsutveckling och utgör en stark drivkraft för ny teknik. Inom vägtrafiken är vinsterna med förarlös trafik de mest uppenbara men även inom övriga trafikslag finns givetvis drivkrafter att minska personalkostnaderna och organisera trafiken utan att behöva ta hänsyn till de restriktioner som följer kör- och vilotider för förarna.

Teknikutvecklingen har lett till att nya företag har etablerat sig som de traditionella tillverkarna nu måste anpassa sig till. Digitaliseringen av samhället har inneburit att flera branscher har förändrats i grunden till exempel musik- och filmindustrin där den fysiska produkten har fått allt mindre betydelse. Ett annat, tidigt exempel, är Facit vars mekaniska räknemaskiner inte klarade konkurrensen med de elektroniska som introducerades till konsumenter på

[6] Trafikverket 2017:215, *Komplettering till Nationell strategi och handlingsplan för användning av intelligenta transportsystem i Sverige*.
[7] ITS Sweden är en svensk intresseorganisation för aktörer som arbetar med transporter kopplat till digitaliseringen.
[8] Regeringskansliets webbplats, *Pressmeddelande 1 juni 2016*. www.regeringen.se/pressmeddelanden/2016/06/regeringen-lanserar-fem-offensiva-samverkansprogram
[9] Kommittédirektiv 2015:114, *Självkörande fordon på väg.*
[10] Vinnova webbplats, *Fordonsstrategisk forskning och* innovation. www.vinnova.se/m/fordonsstrategisk-forskning-och-innovation/

1970-talet.[11] Ett samtida exempel är konkurrensen från e-handel som inneburit att många detaljhandelsbutiker har stängts.[12]

Utvecklingen medför också att företagen ser nya affärsmöjligheter med att sälja de data som moderna bilar genererar. Det kan till exempel vara till försäkringsbolag som vill anpassa försäkringarna till hur fordonen används, verkstäder som kan ge service- eller reparationserbjudanden anpassade till fordonens kondition eller vägförvaltare som behöver realtidsinformation om trafikläget.[13]

Förutom att de traditionella fordonstillverkarna satsar stora summor på utveckling av fordonens egenskaper i form av uppkoppling, automatisering och elektrifiering gör de stora satsningar för att tillhandahålla nya tjänster för mobilitet. I vissa fall är dessa nya mobilitets-tjänster en konkurrent till privat ägande av bil och frågan uppkommer varför de väljer att satsa på dessa tjänster. Ett möjligt skäl är att det är ett sätt att förbereda sig inför politiska beslut som ändrar marknadsförutsättningarna.

Att det finns en efterfrågan på uppkopplade och samverkande fordon som till exempel under-lättar navigering, ger underhållning och ökad säkerhet är inte svårt att se. När det gäller helt självkörande fordon är dock inte slutsatserna självklara. Informationen inom detta område är knapphändig. Enligt en undersökning som företaget Inter Metra gjorde av 561 slumpvis utvalda personer 2018 var knappt hälften positiva till självkörande fordon. SOM-institutet vid Göteborgs universitet genomförde 2017 en undersökning som visade att nära hälften av de 1 600 personer som besvarade påståendet ”Jag kan tänka mig att använda en självkörande bil när sådana finns på marknaden” ansåg att det var ett helt eller delvis felaktigt påstående.[14]

Undersökningar från andra länder visar på ungefär samma resultat. I en undersökning som American Automobile Association genomfört uppgav 71 procent att de skulle vara rädda att åka i en helt automatiserad bil.[15] Ett annat resultat från den amerikanska undersökningen visade att personer som hade erfarenhet av avancerade förarstödssystem hade en mer positiv inställning till automatiserade fordon än övriga. Att göra undersökningar om hur allmänheten uppfattar en företeelse som ännu inte finns är av naturliga skäl svårt och resultaten är därför svårtolkade varför Trafikanalys inte drar någon slutsats angående konsumentefterfrågan på helt självkörande fordon.

De nyttor som lyfts fram är ökad trafiksäkerhet, ökad effektivitet, minskad miljöpåverkan samt näringspolitiska aspekter. Nyttorna är desamma för samtliga trafikslag även om tyngdpunkten varierar. För att nå en framtid där alla dessa möjligheter kan tillvaratas måste en rad utmaningar övervinnas.

Utmaningarna kan delas in i två kategorier, dels att hantera de negativa effekter som en ökad uppkoppling, samverkan och automatisering kan föra med sig, dels utmaningar att implementera uppkopplade, samverkande och automatiserade tjänster.

Beträffande de negativa effekter som ett mer uppkopplat, samverkande och automatiserat transportsystem för med sig kan två huvudsakliga effekter identifieras. Den ena avser de effekter i form av ökad tillgänglighet, minskade tidsvärden och förbättrad konkurrenssituation

---

[11] Teknikbloggen, http://teknikochtillvaxt.se/svenska-facits-uppgang-och-fall/
[12] Svensk handel 2018, *Det stora detaljhandelsskiftet*. www.svenskhandel.se/globalassets/dokument/aktuellt-och-opinion/pressmeddelande/rapport_det-stora-detaljhandelsskiftet_2018-digital-version.pdf
[13] SOU 2018:16, *Vägen till självkörande fordon*.
[14] forskning.se, *Skulle du sätta dig i en självkörande bil?* www.forskning.se/2017/08/22/skulle-du-satta-dig-i-en-sjalvkorande-bil/
[15] AAA webbplats, *Three in four americans remain afraid of fully self-driving vehicles*.https://newsroom.aaa.com/2019/03/americans-fear-self-driving-cars-survey/

för vägtransporter som automatiserad trafik kan komma att föra med sig, vilket i sin tur bland annat kan leda till ett ökat trafikarbete på väg, utglesning av bebyggelse samt minskat underlag för kollektivtrafik. Dessa utmaningar beskrivs utförligare i kapitel 4 och 6. Den andra negativa effekten avser de risker för integritet, datasäkerhet och samhällets robusthet som ett mer uppkopplat, samverkande och automatiserat transportsystem innebär. Det finns mål-konflikter mellan den ökade digitaliseringen av transportsystemet och frågor kopplade till integritet, datasäkerhet och samhällets robusthet. I kapitel fem behandlas dessa frågor vidare.

Trafikanalys har för sjöfart, luftfart och bantrafik inte identifierat några utmaningar av den första kategorin effekter till följd av uppkoppling, samverkan och automatisering. Däremot när det gäller den andra kategorin; integritet, datasäkerhet och samhällets robusthet finns risker för samtliga trafikslag, men för sjöfart, luftfart och bantrafik är det i första hand risker för datasäkerhet och robusthet som är aktuella eftersom de trafikrelaterade uppgifter som kan kopplas till enskilda individer är mycket begränsade.

Den andra kategorin av utmaningar är de som finns för att implementera ett uppkopplat, samverkande och automatiserat transportsystem och därmed kunna tillgodogöra de nyttor det kan föra med sig. Här handlar det om återstående teknisk utveckling i fordon, farkoster eller system för att uppkopplade funktioner samverkan och automatisering ska fungera på ett säkert sätt. Men också om det stöd som behövs från infrastrukturen för att trafik och transporter ska fungera som det är tänkt. Vidare finns en hel rad utmaningar som handlar om till exempel juridik, organisation och affärsmodeller. Gemensamt för dessa utmaningar är, oavsett trafikslag, den internationella arenans betydelse för att hitta lösningar på dem. I kapitel 2 behandlas de utmaningar som handlar om att implementera ett uppkopplat, samverkande och automatiserat transportsystem.

1.3 Avgränsningar

Uppkopplade, samverkande, automatiserade, delade och fossilfria fordon, farkoster och system kommer att få en stor påverkan inte bara på transportsektorn utan på samhället i stort. Utvecklingen utgör delar av en större trend som påverkar hela samhället genom att förändra förutsättningarna för arbete, produktion och konsumtion.[16] Givet denna breda påverkan på samhället är det viktigt att tydligt avgränsa uppdraget.

Tyngdpunkt på vägtransportsystemet

Tyngdpunkten i redovisningen av uppdraget ligger på vägtransportsystemet eftersom Trafikanalys bedömer att effekterna av uppkopplade, samverkan, automatiserade, fordon, farkoster och system blir störst där. De övriga trafikslagen har hunnit längre i utvecklingen, inte minst genom att de är mer systembundna än vägtrafiken.

Vid en första betraktelse består sjötrafiken av en mängd diversifierade farkoster, särskilt om fritidsbåtstrafiken beaktas. I praktiken är dock den trafiken till stora delar separerad från den yrkesmässiga trafiken. I skärgårdar och på de stora sjöarna finns viss trafik som blandas, men på öppet hav är det lite trafik med privata båtar.

[16] Trafikverket 2018, *Trender i transportsystemet – Trafikverkets omvärldsanalys 2018.*

Bantrafiken är det system som är mest systembundet av trafikslagen. Inga privatpersoner har tillgång till systemet[17] och graden av tillgång för de som driver trafik är hårt styrd till exempel avseende tåglägen, personalens kompetens och fordonens utrustning.

Inom flygtrafiken finns visst inslag av trafik som bedrivs utanför det reglerade luftrummet. Denna trafik är dock mycket liten i omfattning och för att få utföra sådan flygning finns strikta krav på piloterna. På senare tid har drönare vuxit fram som ett nytt sätt att trafikera luftrummet.

Inom vägtrafiken är också variationen av aktörer betydligt större liksom interaktionen mellan dem. Till exempel är det inte helt ovanligt att barn och tung lastbilstrafik ska samverka i trafiken. Lägger man till att tillgången till vägtrafiksystemets grundläggande funktioner är obegränsad, och att den geografiska täckningen av vägtrafiksystemet är mycket stor, så förstår man varför utvecklingen inte har hunnit lika långt inom vägtrafiken liksom att utmaningarna där är större.

Det är också bara inom vägtrafiken som delning, se definition nedan, förkommer och följaktligen redovisas delning enbart inom vägtrafik.

Trafik och transporter

I detta uppdrag kommer huvudsakligen påverkan på transportsektorn att redovisas. Transportsektorns grundläggande funktion är att flytta människor och gods från en plats till en annan. För att utföra den trafik som behövs för förflyttningen krävs det information, utrustning, infrastruktur, drivmedel med mera. Lite förenklat kan man säga att trafiken ger upphov till kostnaderna, medan transporterna representerar nyttan.

Hur uppkoppling, samverkan, automatisering och delning påverkar utvecklingen mot fossilfria fordon, farkoster och system

Som ovan nämnts ska uppdraget inkludera fossilfria fordon, farkoster och system. Eftersom frågan om det fossilfria samhället behandlas i andra sammanhang, som till exempel SOFT-arbetet[18], har Trafikanalys i denna del valt att begränsa redovisningen till de delar som påverkas av uppkoppling, samverkan, automatisering och delning.

De transportpolitiska målen

I uppdragstexten anges att Trafikanalys ska redovisa vilka effekter som kan väntas när det gäller de transportpolitiska målen och andra relevanta mål. De senare exemplifieras med mål för trafiksäkerhet, klimat- och miljöpåverkan, kapacitetsnyttjande av infrastruktur och hur transportsystemet skulle kunna användas mer effektivt.

EU har antagit en strategi för smart tillväxt, hållbar tillväxt och tillväxt för alla. Strategin kallas 2020-strategin och kopplat till den finns fem övergripande mål avseende, sysselsättning, forskning och utveckling, minskade utsläpp av växthusgaser, utbildning och social delaktighet. En genomgång av de årliga reformprogrammen, som utgör uppföljning av målen, visar att det är målet om minskade koldioxidutsläpp som har åtgärder som berör transportsektorn.

Riksdagen har anpassat nivåerna på EU:s gemensamma mål till svenska förhållanden och Sverige har åtagit sig att minska utsläppen av växthusgaser med 17 procent 2020 jämfört med 2005. Sveriges nationella klimatmål är att våra utsläpp bör vara 40 procent lägre 2020 än utsläppen 1990. Målet gäller för de verksamheter som inte omfattas av systemet för handel

[17] Undantaget är museijärnvägar där föreningar driver trafik.
[18] SOFT är benämningen på ett uppdrag regeringen gett Energimyndigheten att tillsammans med fem andra myndigheter, däribland Trafikanalys, att ta fram en för omställningen till en fossilfri transportsektor.

med utsläppsrätter inom EU (EU-ETS). Sverige har också åtagit sig att andelen förnybar energi ska öka till 49 procent 2020. Det nationella målet är satt till minst 50 procent av den totala energianvändningen 2020. Riksdagen har dessutom beslutat om ett mål för energieffektivitet, uttryckt som en minskad energiintensitet med 20 procent till 2020 jämfört med 2008.

Världens stats- och regeringschefer har antagit 17 globala mål och Agenda 2030 för en hållbar och rättvis utveckling.[19] Av de 17 målen finns flera som kan kopplas till transportsektorn. Baserat på utvecklingen av de transportpolitiska målen kan en bedömning göras avseende de indikatorer som har särskilt tydlig koppling till transportsektorn.[20]

Riksdagen har antagit ett klimatpolitiskt ramverk där det långsiktiga klimatmålet innebär att Sverige senast år 2045 inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp.[21] Till målet finns även etappmål beslutade och för transportsektorn är målet att utsläppen från inrikes transporter, utom inrikes flyg, ska minska med minst 70 procent senast år 2030 jämfört med 2010. Anledningen till att inrikes flyg inte ingår i målet är att det ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter

Trafikanalys bedömning är att de transportpolitiska målen täcker andra relevanta mål. En redovisning av hur de transportpolitiska målen kopplar till de globala Agenda 2030-målen görs i Trafikanalys uppföljning av de transportpolitiska målen 2019.[22] En ytterligare avgränsning av de transportpolitiska målen som görs i denna rapport är att redovisningen begränsas till de indikatorer i uppföljningen som bedöms som särskilt viktiga, de så kallade nyckelindikatorerna. Redovisningen begränsas vidare till enbart de mått kopplade till dessa indikatorer som bedöms som särskilt viktiga, nyckelmåtten.

1.4 Definitioner och egenskaper

I uppdragstexten betonas tre egenskaper som fordonen, farkosterna och systemen ska ha; *uppkopplade, samverkande* och *automatiserade*. Vidare nämns även egenskaperna *delade* och *fossilfria*. Hur Trafikanalys i uppdraget definierat och ser på de olika begreppen framgår nedan. Vi har i så stor utsträckning som möjligt anslutit oss till befintliga definitioner, men i några fall har vi anpassat dem till uppdraget.

Uppkopplade – anslutna till internet, andra fordon/farkoster (v2v), infrastruktur (v2i) och annat (v2x). Uppkopplingen innebär att fordonen kan dela och ta emot data. Med uppkopplade fordon/farkoster ges förutsättningar för att förbättra trafikledning, logistik och trafiksäkerhet. Definitionen utesluter funktioner som inte baseras på mobil-, wifi-, eller radiouppkoppling, till exempel funktioner baserade på kameror eller radar. Uppkoppling kan betraktas som en infrastruktur som möjliggör samverkande, automatiserade och delade tjänster.

Samverkande – fordon, farkoster och system förses med information via uppkoppling, enligt definitionen ovan, som de agerar med hjälp av. Samverkan kan ske genom information som ges till förarna som använder informationen för att fatta beslut. Det kan till exempel vara att

[19] Regeringskansliets webbplats, *Agenda 2030 för hållbar utveckling.* www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-for-hallbar-utveckling/
[20] Trafikanalys Rapport 2019:6, *Uppföljning av de transportpolitiska målen 2019.*
[21] Regeringskansliets webbplats *Det klimatpolitiska ramverket* www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket
[22] Trafikanalys *2019:6, Uppföljning av de transportpolitiska målen 2019.*

information kommer upp på fordonets display om halka längre fram på vägen eller om att en ambulans närmar sig. Men det kan också ske genom att automatiska system griper in i den dynamiska köruppgiften.[23] Exempel på det är kolonnkörning (platooning) där sensorer och trådlös fordonskommunikation används för att funktionellt koppla ihop lastbilar så att till exempel hastighet, avstånd och inbromsningar automatiskt regleras baserat på information från lastbilen längst fram i kolonnen.

Automatiserade – uppgiften utförs av ett system och inte av en människa. Automatiseringen kan, men behöver inte, omfatta hela den dynamiska köruppgiften. I moderna fordon finns en mängd automatiska system och det är svårt att dra gränsen för vilka som ska ingå i detta uppdrag. Begreppet avancerade förarstödsystem används ofta men någon klar definition av begreppet finns inte. I detta uppdrag har därför en operativ definition använts av automatiserat förarstöd där gränsen dras mellan information som genereras i eller av fordonet och information som hämtas utanför fordonet. Definitionen inkluderar därför stöd som baseras på kameror och radar vilka inte ingår i definitionen av samverkande. Däremot utesluter definitionen till exempel förarstöd som antisladdsystem, ABS-bromsar och trötthetsdetektion.

Andra begrepp som förekommer i detta sammanhang är autonoma, självkörande och förarlösa. Begreppet autonoma kommer inte att användas i rapporten eftersom det leder tankarna till att fordonet i sig är självständigt. När begreppet självkörande används nedan så betyder det att hela den dynamiska köruppgiften utförs av fordonet. Med förarlös avses att det inte finns någon förare i fordonet och begreppet används huvudsakligen i samband med att kostnadsbesparingar kan ske till följd av minskade förarkostnader och att restriktioner i form av kör- och vilotider upphör. Att ett fordon kan vara självkörande eller förarlöst i en miljö innebär inte att det klarar alla miljöer.

Delade – begreppet delningsekonomi saknar en allmänt vedertagen definition. En central aspekt är dock att man delar på underutnyttjade tillgångar. Delningen kan ske sekventiellt eller samtidigt. Bilpooler är ett exempel på sekventiell delning och samåkning ett exempel på samtidig delning. Detta är inget nytt men den digitala utvecklingen har möjliggjort delning i större skala. En strikt definition av begreppet delningsekonomi användes i utredningen ”Delningsekonomi på användarnas villkor”[24] som enbart omfattade privatpersoner bortom den egna bekantskapskretsen som ger varandra tillgång till underutnyttjade resurser mot eller utan betalning. Den definitionen utesluter tjänster som tillhandahålls av företag eller organisationer. Att använda en så strikt definition skulle utesluta en stor del av de nya mobilitetstjänster som vuxit fram på sistone. Därför används i uppdraget definitionen hämtad från Trafikanalys rapport ”Nya tjänster för delad mobilitet”[25] som anpassats till detta uppdrag. Med delade tjänster avses i detta uppdrag *olika sätt att samutnyttja fordon och farkoster där delningen antingen kan ske sekventiellt eller samtidigt*. En svår gränsdragning är om till exempel kollektivtrafik med alla trafikslag eller samlastning av gods ska ingå i definitionen av delning. Vi har i detta uppdrag valt att inte ta med dessa typer av transporter utan fokuserar på de delningstjänster som digitaliseringen möjliggör. Delning behandlas därför som en konsekvens av detta endast under vägtrafik.

Fossilfria – fordon/farkoster som drivs med icke-fossila drivmedel. Fossila drivmedel är sådana som tillverkas av råolja, naturgas eller kol. Ofta används även begreppet fossiloberoende. Regeringen tillsatte 2012 en utredning om en fossiloberoende fordonsflotta. Utredningen definierade en fossiloberoende fordonsflotta som ett vägtransportsystem vars

[23] Med dynamiska köruppgiften avses att gasa, bromsa och styra fordonet.
[24] SOU 2017:16, *Delningsekonomi på användarnas villkor.*
[25] Trafikanalys 2016:15, *Nya tjänster för delad mobilitet.*

fordon i huvudsak drivs med biodrivmedel eller elektricitet. Det innebär inte bara att fordonen kan drivas med fossilfri energi utan att det också ska finnas tillräcklig tillgång till det fossilfria alternativet och ett fungerande distributionssystem av detsamma.[26] I uppdraget behandlar vi enbart digitaliseringens bidrag till utvecklingen mot ett fossilfritt samhälle.

Hur hänger egenskaperna ihop?

För att bättre förstå de egenskaper som ingår i uppdraget kan man analysera hur de är direkt beroende av varandra. De fem egenskaper som ingår i uppdraget har nedan satts in i en matris som stödjer en analys av hur de samverkar. Exempel på analysfrågor som matrisen ger är om uppkopplade fordon är beroende av att fordonen också är samverkande? Men också det omvända, är samverkande fordon beroende av att de är uppkopplade? I matrisen har cellerna markerats med färger där grönt visar att den aktuella egenskapen kan existera oberoende av den andra egenskapen, medan rött visar att den aktuella egenskapen är helt beroende av den andra egenskapen. Gult visar att beroende finns och den mörkare gula färgen visar på ett starkare beroende. Bedömningarna i figuren är Trafikanalys egna och baseras på erfarenheter gjorda under arbetet med detta uppdrag. Bedömningarna avser det direkta *beroendet* mellan egenskaperna men det är viktigt att framhålla att en egenskap kan *påverka* en annan egenskap utan att ett beroende mellan dem finns.

		Egenskap				
		Uppkopplade	*Samverkande*	*Automatiserade*	*Delade*	*Fossilfria*
Beroende egenskap	Uppkopplade					
	Samverkande					
	Automatiserade					
	Delade					
	Fossilfria					

Figur 1.1. Samband mellan de egenskaper som ingår i uppdraget.

Matrisen visar att uppkopplade fordon inte är beroende av någon av de övriga egenskaperna. Fordon kan således vara uppkopplade utan att några av de övriga egenskaperna finns. Uppkopplingen är däremot, enligt den definition vi använder, en förutsättning för samverkan. Uppkoppling ger vidare ett starkt stöd till automatisering genom till exempel läges-bestämningar. Dessutom ger uppkoppling ett starkt stöd till delningstjänster till exempel genom lokalisering av lediga fordon som delas. Däremot finns inget beroende mellan uppkoppling och fossilfrihet. Uppkoppling kan betraktas som en infrastruktur som möjliggör samverkande, automatiserade och delade tjänster.

Samverkan är beroende av uppkoppling och stöds i stor utsträckning av automatisering. Ett exempel på det senare kan vara en automatisk hastighetsreduktion om fordonet närmar sig en

[26] SOU 2013:84, *Fossilfrihet på väg.*

olycka. Däremot är inte samverkan beroende av vare sig delning eller fossilfrihet. Samverkan stöder i sin tur automatisering, men stöder i övrigt ingen av de tre andra egenskaperna.

Automatisering stöds av uppkoppling och samverkan vilket redovisats ovan. Delning underlättar introduktionen av automatiserade fordon genom att göra dem ekonomiskt tillgängliga för fler genom nya tjänster. Även fossilfrihet och då i form av elektrifiering bedöms underlätta introduktionen av automatiserade fordon jämfört med fordon med förbränningsmotorer då förutsättningarna för automatisk laddning, till exempel via induktion, är större än för automatiserad tankning. Automatisering är viktigt för samverkan och automatiserade fordon kan möjliggöra nya delningstjänster men stöder varken uppkoppling eller fossilfrihet.

Delning är i hög grad beroende av uppkoppling genom att det underlättar matchningen mellan fordon och passagerare/gods. Vidare underlättas delning i viss mån av automatisering och fossilfrihet i de fall då fordonet inte ägs av enskilda personer vilket medför att den enskilda ägarens preferenser över till exempel ruttval väger tyngst. Trafikanalys bedömer också att elektrifierade fordon kan bli lättare att dela om de är självkörande och laddning kan ske automatiserat. Delning stöder till viss del automatisering men inte de övriga egenskaperna.

Fossilfrihet är oberoende av de övriga egenskaperna och stöder i viss utsträckning automatisering och delning. Analysen ovan visar att banden mellan fossilfrihet och de övriga egenskaperna är svaga.

2 Hur ser nuläget ut?

I följande kapitel sker en redovisning för respektive trafikslag som beskriver nuläget avseende uppkopplade, samverkande automatiserade och delade fordon, farkoster och system. Inledningsvis presenteras statistik över hur person- respektive godstransporter fördelar sig per trafikslag. Därefter följer en genomgång av vad som krävs för att få bedriva trafik inom respektive trafikslag. Denna genomgång utgår från att alla övriga villkor avseende fordonet eller farkosten, förare och besättning samt regelverk i övrigt är uppfyllda. Vidare redovisas de fordon och farkoster samt infrastruktur som finns inom trafikslaget. Syftet med dessa uppgifter är att läsaren ska få en uppfattning av vad som krävs för uppkoppling, samverkan och automatisering inom respektive trafikslag genom att kvantifiera omfattningen av fordon och infrastruktur.

En hypotes i rapporten är att systembunden trafik som i huvudsak bedrivs kommersiellt av ett begränsat antal aktörer i syfte att transportera gods eller resenärer har bättre förutsättningar att kopplas upp, samverka och automatiseras. I en systembunden trafik är det lättare att formulera och följa upp villkor för att få tillgång till infrastruktur och för att bedriva trafik. I ett hårt reglerat system kan förvaltaren till exempel ställa krav på viss utrustning för kommunikation. Ju färre aktörer dessa krav omfattar desto lättare är det att genomföra dem. Därför är förutsättningarna bättre inom den kommersiella trafiken som ofta har ett mindre antal aktörer än den ickekommersiella. Dessa aktörer har dessutom ofta en ekonomi som möjliggör de nödvändiga investeringarna.

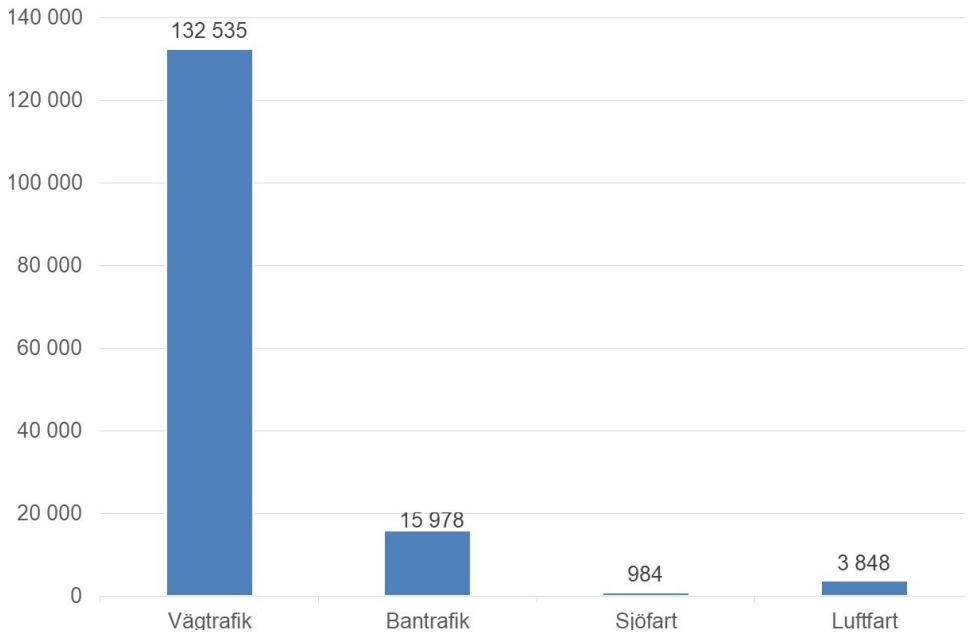
Därefter följer beskrivningar av nuläget avseende uppkoppling, samverkan och automatisering inom respektive trafikslag. Strukturen på redovisningen i denna del skiljer sig åt mellan trafikslagen beroende på de skilda förutsättningar de har. Som framgått av de avgränsningar som redovisats nedan är det bara inom vägtrafiken delning tas upp. Kapitlet avslutas med ett avsnitt om hur uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon påverkar förutsättningarna för fossilfrihet.

2.1 Transportarbete per trafikslag

Persontransporter

År 2017 uppgick inrikes persontransportarbetet i Sverige till drygt 153 000 miljoner personkilometer.[27] Vägtrafik är det klart dominerade trafikslaget med 86 procent av transportarbetet. Av transportarbetet på väg utgörs 88 procent av transportarbete med personbilar och 8 procent med buss.

[27] En personkilometer innebär en förflyttning av en person en kilometer. På motsvarande sätt innebär en tonkilometer en förflyttning av ett ton gods en kilometer.



Figur 2.1. Persontransportarbete 2017 fördelat på trafikslag, miljoner personkilometer.
Källa: Trafikanalys

Goda möjligheter att resa manifesteras som regel i ett högt resande[28]. Den höga tillgängligheten till vägtransportsystemet i kombination med få begränsningar i tid och rum gör att vägtransporterna dominerar beträffande personresor. Det gäller såväl det dagliga resandet som det långväga resandet. När det gäller de långväga resorna är det dock en jämnare fördelning mellan trafikslagen.

Att uppkopplade, samverkande, automatiserade och delade transporter inom vägtrafiken kommer att få påverka samhället i större utsträckning än de övriga trafikslagen är en uppenbar slutsats som kan dras mot bakgrund av vägtrafikens dominans. Adderar man till det även att utvecklingen i detta avseende hunnit längre inom de övriga trafikslagen förstärks den bilden.

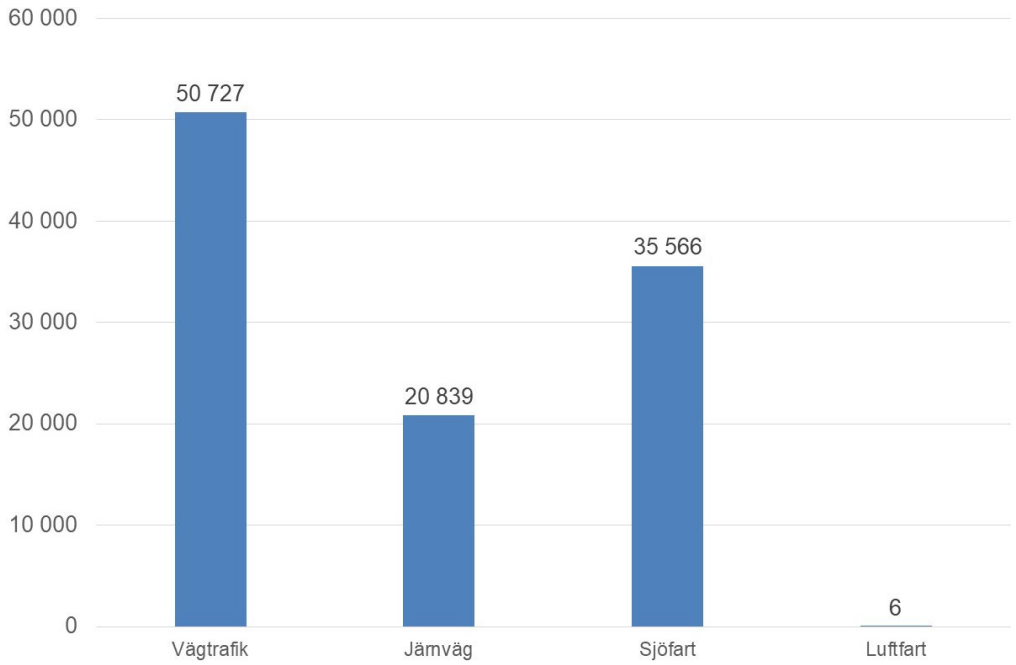
Godstransporter

För godstransporter uppgick det inrikes transportarbetet år 2017 till drygt 107 000 miljoner tonkilometer.

Vägtransporterna svarade för det största godstransportarbetet år 2017 med 48 procent, sjötransporter för 33 procent och järnvägstransporter för 19 procent. Vägtransporterna är således inte lika dominerande för godstransporterna jämfört med persontransporterna.

Cirka 80 procent av transportarbetet på väg sker i inrikes trafik medan det omvända förhållandet råder för sjöfarten där 80 procent av transportarbetet sker i utrikes trafik.

[28] Trafikanalys Rapport 2018:17, *Perspektiv på resor och möjligheter att resa.*



Figur 2.2. Godstransportarbete 2017 fördelat på trafikslag, miljoner tonkilometer.
Källa: Trafikanalys

För järnvägen är det en jämnare fördelning mellan trafikslagen där 60 procent sker i inrikes trafik. Godstransportsystemet karaktäriseras av en uppdelning där respektive trafikslags fördelar utnyttjas bäst i något som kan liknas vid naturliga monopol, där lastbilen används för kortväga transporter och för transporter där det av infrastrukturskäl inte finns något annat alternativ, sjöfarten för bulkgods och flyget för gods med ett högt värde. Järnvägen har egentligen inte någon egen motsvarande omfattande naturlig monopolmarknad – däremot har man ett naturligt monopol för produkterna malm och i vissa fall stål. Järnvägssektorn är utsatt för konkurrens när det gäller små leveransstorlekar från lastbilar och, i stora storlekar, från sjöfartssektorn. Man kan således, något generaliserat konstatera att järnvägen konkurrerar om bulkgodset med sjöfarten medan den konkurrerar med vägtransporterna om godset med högre varuvärde.[29]

2.2 Vägtrafik

Fordon och infrastruktur

Det svenska vägnätet består av[30],

- 98 500 km statliga vägar,
- 42 300 km kommunala vägar,
- 74 000 km enskilda vägar med statsbidrag och
- 16 600 broar samt ett tjugotal tunnlar och 39 färjeleder.

[29] Trafikanalys Rapport 2016:7, *Godstransporter i Sverige - en nulägesanalys*.
[30] Trafikverkets webbplats. *Det svenska vägnätet.* www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Sveriges-vagnat/

78 av broarna är öppningsbara för sjöfarten.[31] Det finns cirka 7 300 plankorsningar i Sverige. Knappt 2 500 har bommar i någon form, 700 har någon form av ljud- och/eller ljussignaler, 1 600 har enkla skydd och 2 600 saknar någon varning[32].

Av det statliga vägnätet är 18 400 km grusväg (ungefär 20 procent av den totala väglängden) och 2 145 km är motorväg (exklusive av- och påfarter).

Det finns inga särskilda villkor för att få tillträde till och använda det svenska vägtransportsystemet. För att framföra fordon kan det i varierande grad finnas krav på behörighet, fordonets skick och utrustning samt betalda skatter, men är detta väl i sin ordning är det fritt att trafikera enligt gällande regler. För vissa typer av transporter kan det dock i vissa fall krävas tillstånd i förväg. Det gäller transporter som är bredare, längre, högre eller tyngre än vad grundbestämmelserna medger.[33] Vidare är långsamtgående trafik, inklusive fotgängare, förbjudna på motorvägar och motortrafikleder.

78 procent av Sveriges befolkning 18 år eller äldre har körkort med behörighet för personbil.[34] Enligt *Resvaneundersökningen* 2011–2016 hade 65 procent av befolkningen körkort och tillgång till bil i hushållet.

Nära 25 000 företag var i slutet av år 2018 aktiva inom vägtransport.[35] Den största enskilda branschen av dem var åkerierna. Drygt 11 000 av dessa företag hade inte någon anställd.

I slutet av år 2018 var nära 5,5 miljoner fordon i trafik. Av dem var 4 870 000 personbilar varav 79 procent ägdes av privatpersoner, 656 000 lastbilar och 14 000 bussar. Vidare fanns 300 000 motorcyklar, 86 000 mopeder klass 1 och 338 000 traktorer i trafik i slutet av år 2018.

Av personbilarna i trafik i slutet av 2018 var genomsnittsåldern för en personbil, lätt lastbil och tung lastbil cirka 9 år medan genomsnittsåldern för en buss var cirka 7 år. I genomsnitt är en personbil 18 år när den skrotas. Motsvarande uppgifter för en lätt lastbil är 16 år, en tung lastbil 21 år och slutligen en buss 17 år.

Enligt den redovisning av årliga körsträckor 2018 som Trafikanalys publicerat kördes en svenskregistrerad personbil i genomsnitt 1 200 mil, en lätt lastbil 1 374, mil en tung lastbil 4 139 mil och en buss 5 816 mil. Körsträckorna varierar inom respektive fordonskategori beroende på flera orsaker som till exempel fordonets ålder, ägande eller region där det är registrerat. Beträffande ålder så körs nyare bilar i genomsnitt längre och de nyare bilarna är också fler i antal, men de äldre bilarna används ändå i en icke obetydlig omfattning. Som exempel kan nämnas att de 154 000 personbilarna av årsmodell 2001 i genomsnitt kördes 830 mil under 2018 vilket motsvarar 2,3 mil per dag. Den årsmodell som hade den högsta genomsnittliga körsträckan var de från 2015 där 342 000 personbilar i genomsnitt kördes 1 796 mil per år vilket motsvarar 4,9 mil per dag.

Som framgått av redovisningen ovan är det svenska vägtransportsystemet omfattande i längd, det har stor variation i standard och det finns många mötespunkter med annan trafik. Det är mycket få restriktioner som begränsar tillgången till det. En stor del av befolkningen har behörighet och möjlighet att framföra olika typer av motorfordon och det finns vidare ett stort antal företag som utför vägtransporter. Den svenska fordonsparken omfattar cirka 5,5 miljoner

[31] Wikipedia, *Öppningsbara broar i Sverige.* https://sv.wikipedia.org/wiki/Lista_%C3%B6ver_%C3%B6ppningsbara_broar_i_Sverige
[32] Trafikanalys Statistik 2018:17, *Bantrafik 2017*.
[33] Trafikverkets webbplats, *Transportdispens* www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/Transportdispens/
[34] Trafikanalys 2019, *Fordon 2018.*
[35] SCB:s statistikdatabas, *Företag (FDB) efter näringsgren och storlek*.

fordon och omsättningstakten i beståndet är cirka 15 år och även de äldsta fordonen används i relativt stor omfattning.

De organisatoriska och ekonomiska utmaningarna att fullt ut anpassa vägtrafikens infrastruktur, fordonspark och användare till uppkoppling, samverkan och automatisering är uppenbarligen mycket stora. I utredningen om självkörande fordon redovisas två möjliga utvecklingsvägar.[36] Den evolutionära respektive den revolutionära. Den evolutionära utvecklingen beskrivs som en utveckling där det finns något överallt av olika typer av förarstöd och det sker en successiv förbättring av funktionerna som sedan sprider sig. I den revolutionära utvecklingen däremot introduceras däremot systemen helt utvecklade fullt ut i avgränsade områden och dessa områden växer successivt. Utvecklingarna kan mycket väl finnas parallellt, men med beaktande av de utmaningar som beskrivits ovan gör Trafikanalys bedömningen att den evolutionära utvecklingen kommer utgöra huvudfåran i utvecklingen.

Nuläget avseende uppkoppling, samverkan, automatisering och delning

Uppkoppling

Vägtrafikfordon började kopplas upp mot mobilnätet i början av 1990-talet.[37] Uppkoppling finns dels i öppna funktioner, dels i dolda. De öppna funktionerna är sådana som fordonets användare är medvetna om, medan de dolda är sådana som endast tillverkarna känner till eller har tillgång till.

Exempel på uppkopplingar som användarna normalt känner till är infotainmentsystem eller e-Call. Exempel på uppkopplingar som användarna av nyare bilar har mindre kännedom om är uppgifter om temperatur, hastighet med mera som tillverkarna tar emot från fordonen och använder för analyser och säljer för kommersiella tillämpningar. Ett exempel på en sådan kommersiell tillämpning är den information som visas hur trafiken i Göteborg och Stockholm flyter delvis baseras på data från fordon.[38]

För att öka takten i spridningen av olika ITS-tjänster antog Europaparlamentet och rådet år 2010 det så kallade ITS-direktivet.[39] Målet med direktivet är ett samordnat och enhetligt införande och användning av intelligenta transportsystem (ITS) inom unionen. I direktivet fanns sex prioriterade områden för tjänster utpekade.

- Multimodala reseinformationstjänster.
- Informationstjänster i realtid.
- Vägsäkerhetsrelaterad trafikinformation.
- Ett system för fordonspositionering vid trafikolycka knutet till larmcentral inom Europeiska unionen.
- Informationstjänster för säkra och skyddade parkeringsplatser för lastbilar och andra fordon i kommersiell trafik.
- Bokningstjänster för säkra och skyddade parkeringsplatser för lastbilar och andra fordon i kommersiell trafik.

[36] SOU 2018:16, *Vägen till självkörande fordon.*
[37] Ny teknik 2014-03-28, www.nyteknik.se/fordon/darfor-kopplar-jattarna-upp-sina-bilar-6398669
[38] Trafiken.nu, *Vanliga frågor* https://trafiken.nu/stockholm/sidfot/vanliga-fragor/
[39] Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/40/EU, *om ett ramverk för införande av intelligenta transportsystem på vägtransportområdet och för gränssnitt mot andra transportslag.*

Ett av de prioriterade områdena, fordonspositionering vid trafikolycka, har genomförts som ett pilotprojekt för C-ITS[40] under namnet e-Call. Tjänsten förutsätter mobiluppkoppling och den innebär bland annat att bilen själv larmar 112 vid kollision. Från och med den 1 april 2018 ska alla nya fordon som säljs inom EU vara utrustade med e-Call. Sensorer i bilen känner av när till exempel krockkudden utlöses och bilen ringer då upp 112 och skickar med vissa data, bland annat sin GPS-position. Det finns även en knapp i bilen för att manuellt kunna ringa till 112.

Ett konkret exempel på hur data från uppkopplade fordon kan användas är ett projekt Trafikverket driver där de kommer att få förädlad väglagsinformation från bilar ute i trafiken som ger dem möjlighet att snabbt identifiera platser med halka och sätta in halkbekämpning.[41] Trafikverket mäter idag väglaget på landets vägar men det finns geografiska och tidsmässiga restriktioner som kan lösas genom data direkt från fordon.

Trafikverket har haft ett regeringsuppdrag att genomföra test- och demonstrationsprojekt med geostaket i urbana miljöer.[42] Geostaket är en geografisk zon där uppkopplade fordons tillträde, hastighet och användning av drivmedel kan styras digitalt. Arbetet med geostaket är ett viktigt utvecklingssteg för att skapa ett uppkopplat transportsystem med digital infrastruktur och gemensamma gränssnitt.[43] Av rapporteringen framgår att tekniken med geostaket redan idag används i begränsad omfattning där hastigheten för bussar på två linjer begränsas på vissa delar av deras rutt. I avrapporteringen av uppdraget föreslår Trafikverket en handlingsplan med sju punkter för implementering av geostaket.[44]

1. Etablera ett FoI-program med riktade forsknings- och innovationsprojekt för att ta fram nödvändigt underlag för arbetet med handlingsplanens samtliga punkter.
2. Verka för lagstiftning och regelverk som stöttar implementering av geostaket.
3. Utveckla organisatoriska och digitala processer samt data för geostaket-zoner.
4. Utveckla system, rutiner och processer för självreglerande system och styrning i smarta zoner.
5. Utred den samhällsekonomiska och affärsmässiga potentialen.
6. Verka för en nationell och internationell harmonisering.
7. Främja och driva demonstrations- och pilotprojekt.

Uppkopplad trafikinformation behöver dock inte hämtas från fordon på vägarna. En källa som används i Google Maps är att hämta information från mobiltelefoner och andra uppkopplade enheter som åker med i fordonen. Med hjälp av den informationen kan Google se om det finns många enheter inom ett visst område och hur snabbt dessa enheter rör sig.[45]

En sammanfattande beskrivning av nuläget är att uppkopplingen av fordon har kommit långt. Alla nya fordon som säljs är uppkopplade och dessutom finns många andra uppkopplade enheter, till exempel mobiltelefoner, som kan användas för transportrelaterade tjänster.

---

[40] C-ITS står för samverkande intelligent transportsystem.
[41] teknikdygnet.se, *ÅF och Volvo Cars samarbetar –tar fram lösning till Trafikverket.* https://teknikdygnet.se/2018/09/27/af-och-volvo-cars-samarbetar-tar-fram-losning-till-trafikverket/
[42] Regeringsbeslut N2017/05987/TS.
[43] Trafikverkets webbplats, *Pressmeddelande 2018-05-29* www.trafikverket.se/om-oss/pressrum/pressmeddelanden/Nationellt/2018/2018-05/svensk-kraftsamling-med-geofencing-for-sakrare-och-smartare-stadsmiljoer/
[44] Trafikverket 2018, *Redovisning av regeringsuppdrag test- och demoprojekt med geostaket i urbana miljöer*.
[45] topbrainscience.com, *Hur känner Google Maps om trafikförhållanden?* https://topbrainscience.com/how-does-google-maps-know-about-traffic-conditions-69120

Grunden för ett uppkopplat transportsystem finns således, men tjänster som kan bidra till ett närmande mot de transportpolitiska målen är ännu på utvecklingsstadiet.

Samverkan

Uppkoppling är en förutsättning för samverkan mellan trafikanter i vägtrafiksystemet. Som framgår av benämningen är mer än en part inblandad. Under förutsättning att den grundläggande uppkopplingen är på plats krävs standarder för teknik och meddelanden för att möjliggöra samverkan mellan fordon från olika tillverkare och mellan fordon och infrastruktur, övriga trafikanter och annat.

Ofta används begreppet C-ITS som benämning för samverkan inom vägtrafiken. Samverkan handlar om kommunikation mellan fordon, infrastruktur eller annat i syfte att utbyta information för att till exempel öka trafiksäkerhet och framkomlighet.

Kommissionen bildade under hösten 2014 en samverkansplattform för C-ITS där ett syfte var att ta fram ett förslag till en strategi för C-ITS. I november 2016 presenterade Kommissionen ett förslag till en strategi med syftet att underlätta samordnandet av finansiering och regler för samverkande intelligenta transportsystem.[46]

I strategin står att tjänsternas kontinuitet, det vill säga slutanvändarnas tillgång till tjänster i hela EU, är den viktigaste faktorn för en snabb utbyggnad av samverkande ITS i Europa. Som ett underlag till strategin gjordes en kostnads-nytto-analys för olika tjänster med hög teknisk mognad.[47] Baserat på utfallet i denna analys gjorde Kommissionen en prioritering av tjänster att införa i ett första skede, de så kallade dag 1-tjänsterna. De bestod av dels *information om farliga platser*, som till exempel varningar för stillastående trafik, väderförhållanden och annalkande utryckningsfordon, dels av *informationstillämpningar* som informationsapplikationer i fordonen, hastigheter i fordonen och begäran om företräde vid trafiksignaler för prioriterade fordon.

Ett exempel på projekt inom området samverkande fordon är Nordic Way. Det var ett pilotprojekt som syftade till att möjliggöra för fordon att kommunicera säkerhetsrisker genom mobilnät i en vägkorridor genom Finland, Norge, Sverige och Danmark. Projektet var ett samarbete mellan offentliga och privata partners i de fyra länderna och samfinansierades av Europeiska unionen inom programmet Connecting Europe Facility 2015–2017.[48]

Under projektet har mobilnätet utnyttjats av vägtrafikfordon för att dela trafiksäkerhetsinformation avseende till exempel hinder på vägen, väderförhållanden, hala vägbanor och olyckor. Frivilliga förare med 1 800 fordon kopplades upp och delade information med andra fordon på vägen och den omgivande infrastrukturen i ett C-ITS-nätverk.

Projektets mål var att testa och underlätta specifika C-ITS-funktioner genom en gemensam arkitektur. Leveranserna av projektet har lagt grunden för automatiserad molnkommunikation via mobilnät med data som genereras av fordonssensorer och den omgivande infrastrukturen. Kommunikation har upprättats mellan fordon, smarta enheter på vägen, tjänsteleverantörer, vägadministratörer och andra offentliga förvaltningar. En affärsmodell för utrullning av mobilbaserade C-ITS-tjänster har också utvecklats. Nordic way avslutades 2017 och följdes av Nordic way 2, som pågår fram till 2020.

---

[46] Europeiska kommissionen COM(2016) 766 final, *En europeisk strategi för samverkande intelligenta transportsystem, en milstolpe motsamverkande, uppkopplad och automatiserad rörlighet*.
[47] Europeiska kommissionen, *Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report*. https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2016-c-its-deployment-study-final-report.pdf
[48] Nordic way, *Final report*.

Ett annat exempel på samverkande tjänster är Volvo Cars och Volvo Lastvagnar som kommer att dela realtidsdata mellan varandra när ett fordon aktiverar sin varningsblinkers. Informationen kommuniceras till andra Volvofordon i närheten och varnar om faror i omedelbar närhet av den plats där föraren befinner sig.[49]

Introduktionen av samverkande tjänster har dock gått trögt. Utredningen om självkörande fordon förklarar det med ett ”hönan och ägget”-problem[50], det vill säga vad ska komma först, tjänsterna eller användarna. Fordonsköpare är inte beredda att betala extra kostnader när det inte finns några tjänster att tillgå, och på motsvarande sätt vill de som finansierar infrastruktur för C-ITS inte göra det så länge det saknas användare. I den kostnads-nytto-analys som referats till ovan beräknas 96 procent av kostnaderna för att införa ITS bestå av hårdvara i infrastruktur och fordon samt kostnader på eftermarknaden. I analysen konstateras också att även den mest grundläggande tjänsten kräver stora investeringar vilket talar för att introducera många tjänster samtidigt för att sprida investeringskostnaderna. Vidare konstateras att nyttan av tjänster som introduceras uppstår först när det finns många användare, vilket talar för en snabb introduktion för att snabbare nå en tidpunkt där nyttorna överstiger kostnaderna.

På motsvarande sätt som för uppkoppling har grunden för samverkande tjänster inom vägtransportsystemet lagts, men tjänster som leder mot de transportpolitiska målen finns ännu bara i liten skala. Trafikanalys ser en stor utmaning i att få till en bred och samtidig introduktion då det krävs stora initiala investeringar i både infrastruktur och fordon innan samverkanstjänster som ger önskad nytta kan introduceras. I de dialoger Trafikanalys haft med aktörer inom området betonas betydelsen av de internationella plattformarna, där företrädare för myndigheter, näringsliv, forskning och organisationer möts, för det fortsatta arbetet.

Automatisering

Inom vägtrafiken finns ett flertal olika förarstödssystem, en del automatiska andra manuella. Viktiga steg i denna utveckling har varit introduktionen av antisladdsystem, adaptiva farthållare med distanshållning, varning för oskyddade trafikanter, körfältsstöd, intelligenta hastighetsanpassare och parkeringsstöd. I början av denna utveckling handlade det om att utveckla system baserade på information internt i fordonet. Exempel på det är ABS-bromsar som hindrar att hjulen låser sig vid inbromsning och antisladdsystem där individuell bromsning av enskilda hjul och i vissa fall strypning av motorn minskar risken för sladd.[51]

I nästa steg i utvecklingen introducerades förarstödsystem som baserades på information utanför fordonet. Exempel på sådana är körfältsstöd där föraren med stöd av information från en kamera kan uppmärksammas på filbyten som inte verkar planerade, adaptiva farthållare med distanshållning som med stöd av radar undviker att fordon med farthållarläget inkopplat kör in i framförvarande fordon och aktivt parkeringsstöd för bland annat fickparkering.[52]

Förarstödssystemen är inte standardiserade utan olika tillverkare har olika benämningar och utformningen av stödet kan också variera. För att ett motorfordon ska få säljas inom EU krävs

[49] volvocars.com, *Volvo Cars och Volvo Lastvagnar delar fordonsdata i realtid med varandra för ökad trafiksäkerhet.* www.media.volvocars.com/se/sv-se/media/pressreleases/228574/volvo-cars-och-volvo-lastvagnar-delar-fordonsdata-i-realtid-med-varandra-for-okad-trafiksakerhet
[50] SOU 2018:16, *Vägen till självkörande fordon*.
[51] ntf.se. Antisladdsystem/ https://ntf.se/konsumentupplysning/bilar/skyddssystem/antisladdsystem/
[52] Lunds universitet 2010, *Säkrare fordon genom integrerade säkerhetssystem - en litteraturstudie* Almqvist, Sverker; Varhelyi, Andras; Larsson, Annika.

ett typgodkännande. De förarstödsfunktioner som finns på marknaden ingår för närvarande inte i kraven för typgodkännande utan är att betrakta som tilläggssystem.

För tunga fordon finns dock krav på automatiska nödbromssystem och körfältsstöd. Krav på typgodkännande avseende avancerade nödbromssystem och körfältsstöd regleras i en EU-förordning och krav på sådan utrustning har gällt i EU sedan 2015.[53] I ett andra steg, november 2018 utökades kraven så att de gäller för ytterligare kategorier av tunga fordon.

I det tredje europeiska mobilitetspaket ”Europe on the move”[54] lyfter Kommissionen upp de förbättringar av säkerhet, miljö, tillgänglighet och effektivitet som automatiseringen kan medföra liksom betydelsen av fordonsindustrin för Europas tillväxt.

I samband med att EU:s tredje mobilitetspaket presenterades lämnade Kommissionen också förslag till en ny förordning avseende typgodkännande av fordon.[55] Förordningen föreslås att ersätta tre andra rättsakter som nu reglerar typgodkännande av fordon som får säljas inom unionen. Förslaget till förordning innehåller krav på flera olika förarstödssystem som ska gälla för fordon[56] som transporterar gods och passagerare samt drar trailers. Förutom fysisk utformning av fordonen föreslås att automatiska nödbromssystem och körfältsstöd också ska bli obligatoriskt för personbilar och lätta lastbilar. Därutöver föreslås följande system att bli obligatoriska.

- Övervakning av förarens uppmärksamhet: system för att bedöma förarens uppmärksamhet genom analys av fordonssystem och varna föraren om så behövs. Gäller samtliga fordonskategorier.
- Avancerad distraktionsvarning: system som kan känna av förarens visuella uppmärksamhet för trafiksituationen och varna föraren om så behövs. Gäller samtliga fordonskategorier.
- Registreringsapparat för kollisionsdata: system för att registrera och lagra viktiga kollisionsrelaterade parametrar och uppgifter före, under och efter en kollision. Gäller personbilar och lätta lastbilar.
- Nödstoppssignal: snabbt blinkande signal som visar trafikanter bakom fordonet att en stark inbromsning i förhållande till rådande vägförhållanden anbringats på fordonet. Gäller samtliga fordonskategorier.
- Intelligent farthållning: system som hjälper föraren att hålla en hastighet som är lämplig för vägmiljön genom att tillhandahålla haptisk återkoppling (vibrationer) genom gaspedalen med uppgifter om hastighetsbegränsning som erhållits genom observation av vägmärken och signaler, på grundval av uppgifter från infrastruktursignaler eller elektroniska kartor eller bådadera, som görs tillgängliga i fordonet. Gäller samtliga fordonskategorier.
- Backövervakning: optiskt system eller detektionssystem med kamera eller bildskärm för att göra föraren medveten om personer och föremål bakom fordonet i det

[53] Europeiska kommissionen EU nr 347/2012, *Förordning om genomförande av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 661/2009 vad gäller krav för typgodkännande av vissa kategorier av motorfordon avseende avancerade nödbromssystem*.
[54] Europeiska kommissionen Pressmeddelande 2018-05-17, *Europa på väg*: *Sista delen av EU-kommissionens agenda för säker, ren och uppkopplad mobilitet*. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3708_sv.htm
[55] Europeiska kommissionen COM(2018) 286 final, *Förslag till Europaparlamentets och rådets förordning om krav för typgodkännande av motorfordon mm.*
[56] I förslaget till förordningstext nämns fem kategorier av fordon; personbilar, lätta nyttofordon, lätta lastbilar, lastbilar och bussar.

huvudsakliga syftet att undvika kollisioner vid backning. Gäller samtliga fordonskategorier.

- System för övervakning av däcktryck, system som installerats på ett fordon, som kan ange trycket i däcken eller tryckets förändring över tid och som kan överföra motsvarande uppgifter till föraren medan fordonet är i drift. Gäller lätta lastbilar, lastbilar och bussar.
- System som gör det möjligt att detektera oskyddade trafikanter som befinner sig nära fordonets front eller sidan närmast vägrenen och ge en varning eller undvika kollisioner med sådana oskyddade trafikanter. Gäller lätta lastbilar, lastbilar och bussar.

Förslaget till förordning innehåller också en artikel där Kommissionen ges rätt att anta delegerade akter för att fastställa krav på systemen för automatiserade fordon och tekniska krav för typgodkännande av dessa.

Att utvecklingen av alltmer avancerade förarstödssystem är en väg till helt automatiserade fordon är inte självklart. Det finns många som hävdar att det är helt nya strategier och krav som gäller för denna utveckling.[57] Inte minst kraven på redundans när det inte längre finns någon förare som kan ta över körningen i kritiska situationer. Att avancerade förarstödssystem kommer att finnas i mycket stor utsträckning i fordonen när helt automatiserade fordon introduceras i större skala är högst troligt och nyttan av de helt förarlösa fordonen ska bedömas ur detta perspektiv.

Det finns ingen kategorisering av automatiserade fordon antagen av till exempel FN eller EU. En skala framtagen av Society of Automotive Engineers (SAE) har blivit allmänt använd för att beskriva fordons nivå av automatisering, se figur 2.3 nedan. Kategoriseringen skiljer tydligt på vad som är förarstödsfunktioner och vad som är automatiserade körfunktioner.

Figur 2.3. SAE-skalan för automatiserade fordon.

[57] Nyhetsbrev om AD 446, https://omad.tech/pa-vag-mot-en-perfekt-lidar/

Gränsen mellan förstödsfunktioner och automatiserade körfunktioner går mellan nivå 2 och 3. På nivå 3 och 4 kan fordonet köra automatiserat under vissa villkorade förhållanden. Ett begrepp som används för att beskriva dessa villkorade förhållanden är ”operativa kördomäner”[58] (ODD). SAE har definierat ODD som ”operativa villkor under vilken ett givet automatiserat fordon eller liknande funktion är specifikt designad att fungera, inkluderande, men inte begränsat till, restriktioner avseende miljö, geografi, tid på dagen och/eller den villkorade närvaron eller frånvaron av särskilda trafik- eller vägegenskaper”.

Avgränsade terminalområden eller gruvor är exempel på ODD där det idag finns fordon designade att fungera. Andra exempel på ODD där en tidig introduktion av självkörande fordon kan väntas är på motorvägar och campusområden. ODD är relevant för alla SAE-nivåer utom 0 och 5. Under en övergångsperiod på väg till den eventuella framtid där samtliga vägtrafikfordon är på nivå 5, krävs att fordonens ODD kan matchas med uppgifter om infrastrukturen för att undvika en stor administration vid tillståndsgivning för automatiserad trafik. En förutsättning för att underlätta tillståndsgivning är att det finns etablerade processer att validera såväl fordonens som infrastrukturens säkerhetsnivå.

Ett EU-finansierat projekt, INFRAMIX[59], arbetar med att ta fram metoder för att anpassa infrastrukturen så att den stöder en stegvis introduktion av automatiserad körning. Som en del av det arbetet har de tagit fram en klassificering av infrastrukturen som ska göra det möjligt att stödja en stegvis introduktion av automatiserade fordon. De har kallat klassificeringen Infrastructure support level for automated driving (ISAD). Där A ger fullt stöd till automatiserad körning och nivå E inte ger något stöd.

[58] Det engelska begreppet är ”Operational design domain”.
[59] Inframix.eu, https://www.inframix.eu/

	Nivå	*Namn*	*Beskrivning*	*Digitala kartor med statiska vägmärken*	*VMS[60], varningar, händelser, väder*	*Trafiksituation på mikronivå*	*Vägledning, hastighet, avstånd, filval*
Digital infrastruktur	A	Samverkande körning	Baserat på realtidsinformation om fordonsrörelser kan infrastrukturen vägleda AV[61] i syfte att optimera det övergripande trafikflödet.	X	X	X	X
	B	Gemensam uppfattning	Infrastrukturen kan uppfatta trafiksituationen på mikronivå och förse AV med data i realtid.	X	X	X	
	C	Dynamisk digital information	All dynamisk och statisk information om infrastrukturen är tillgänglig i digital form och tillgänglig för AV.	X	X		
Konventionell infrastruktur	D	Statisk digital information/ kartstöd	Digital kartinformation med statiska vägmärken tillgänglig. Kartan kan kompletteras med fysiska referenspunkter. Trafikljus, kortvariga vägarbeten och VMS måste identifieras av AV.	X			
	E	Konventionell infrastruktur/ inget stöd till AV	Konventionell infrastruktur utan digital information. AV måste identifiera väggeometri och vägmärken.				

Figur 2.4. ISAD-klassificering
Källa: ERTRAC 2019

Att utforma ett system där fordonets ODD kan kopplas till rätt nivå av ISAD, eller eventuellt annan klassificering i framtiden blir en viktig åtgärd för att stimulera introduktionen av automatiserade fordon då generella tillstånd kan ges till fordon och prövning inte behöver ske i varje enskilt fall. Detta förutsätter då att ODD blir en del av typbesiktningen av fordon.

[60] Variabla meddelandeskyltar.
[61] Automated vehicles.

Försök med automatiserade fordon pågår på många håll i världen. De utförs av både traditionella biltillverkare och nystartade företag. Försöken omfattar alltifrån lastbilar till små poddar för små hemleveranser.[62] Introduktionen i större skala av automatiserade fordon väntas påbörjas i större utsträckning utanför vägtrafikområdet.[63] Till exempel i gruvor, industriområden och terminaler. Exempel på sådana tillämpningar är Scanias test med en självkörande lastbil åt gruvföretaget Rio Tinto i Australien.[64] Ett annat är Volvo lastvagnar som sålt sex självkörande lastbilar till Brönnöy kalk i Norge. Ett annat exempel som avser persontransporter är en busslinje i Rivium businesspark utanför Rotterdam där sedan drygt 10 år självkörande bussar kört passagerare på en särskild bussgata. Trafiken ansluter till en tunnelbanestation och den vanliga kollektivtrafiktaxan gäller.[65]

Som ovan nämnts är det både traditionella biltillverkare och företag med rötterna i andra sektorer som utvecklar självkörande fordon. På personbilssidan är Waymo, Tesla och Uber exempel på företag från andra sektorer. Ett vanligt sätt för de traditionella biltillverkarna att ge sig in i utvecklingen av självkörande fordon är att köpa in sig eller skapa allianser med teknikföretag. Ett av flera exempel är Volkswagen och Hyundai som slagit sig samman med Aurora innovations för att utveckla självkörningsteknik.[66]

I Sverige har sex försök med automatiserade fordon beviljats tillstånd av Transportstyrelsen varav ett har avslutats. Nobinas[67] försök med en automatiserad minibuss i Kista utanför Stockholm avslutades under 2018 och nu kör Nobina en automatiserad minibuss i Barkarby utanför Stockholm i reguljär trafik. Einride har tillstånd att bedriva ett försök i Jönköping där de med ett automatiserat godstransportfordon kör mellan två godsterminaler varav en del av sträckan är på allmän väg. I Göteborg genomför Volvo cars DriveMe-projektet där avancerat förarstöd testas. I Göteborg genomför även det danska företaget Autonomus mobility ett försök med en Automatiserad minibuss. Zenuity genomför tester av automatiserad körning mellan Göteborg, Malmö och Stockholm. Tillståndet omfattar körning på E4, E6 och Riksväg 40.

Som framgått av redovisningen ovan pågår mycket teknikutveckling inom automatiserad körning, men för att det ska få genomslag måste också nationella och internationella regelverk följa med i utvecklingen. Utredningen om självkörande fordon gjorde en omfattande genomgång av vad som krävs på regelområdet. Regeringen har tillsatt en kommitté som ska bistå i arbetet med att identifiera policyutmaningar, bidra till att minska osäkerheten kring gällande regler och påskynda policyutveckling kopplad till den fjärde industriella revolutionens teknologier där uppkopplade och automatiserade fordon, farkoster och system ingår.[68]

Hur kunderna ska disponera de självkörande fordonen är en öppen fråga. Mycket lite är känt om vad ett självkörande fordon skulle tänkas kosta. Digitaliseringen och automatiseringen

---

[62] nuro.ai, *The self-driving vehicle made for local goods transportation* https://nuro.ai/product

[63] Med väg avses enligt Förordning (2001:651) om vägtrafikdefinitioner: 1. En sådan väg, gata, torg och annan led eller plats som allmänt används för trafik med motorfordon, 2. en led som är anordnad för cykeltrafik, och 3. en gång- eller ridbana invid en väg enligt 1 eller 2.

[64] Scania.se, *Scania och Rio Tinto testar autonom gruvlastbil i västra Australien.* www.scania.com/group/en/scania-och-rio-tinto-testar-autonom-gruvlastbil-i-vastra-australien/

[65] Pernestål Brenden, Anna och Kottenhoff, Karl (2017), *Självkörande fordon som komplement till kollektivtrafiken – en förstudie för Stockholm* https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1305137/FULLTEXT01.pdf

[66] Ny Teknik 2018, *Aurora ska göra Hyundai och Volkswagen självkörande* www.nyteknik.se/fordon/aurora-ska-gora-hyundai-och-volkswagen-sjalvkorande-6891980

[67] I samtliga de beviljade projekten ingår fler aktörer men här nämner vi enbart de som innehar tillståndet.

[68] Kommittédirektiv 2018:85, *Samordnad och accelererad policyutveckling kopplad till den fjärde industriella revolutionens teknologier.*

öppnar även upp för nya affärsmodeller med till exempel delningstjänster och taxitjänster utan förare, mer om det i avsnittet nedan.

Även komplicerade frågeställningar om datasäkerhet, integritet och sårbarhet behöver klaras ut innan självkörande fordon kan introduceras i stor skala, mer om det i kapitel 4.

Delning

Begreppet delningsekonomi saknar, som ovan nämnts, en allmänt vedertagen definition. En central aspekt är dock att man delar på underutnyttjade tillgångar. Med ”tillgångar” avses oftast fysiska varor, men ibland också kompetens och (fysiskt) utrymme. I detta uppdrag har definitionen, *olika sätt att samutnyttja fordon och farkoster där delningen antingen kan ske sekventiellt eller samtidigt,* använts. Vi har valt att inte inkludera kollektivtrafik under begreppet delning för att tydligare kunna beskriva de nya tjänster som digitaliseringen möjliggjort. Denna avgränsning är långt ifrån självklar eftersom många ser en utveckling som innebär att gränserna mellan delade tjänster och traditionell kollektivtrafik kan komma att suddas ut, inte minst genom så kallade mobilitetstjänster som innebär att den traditionella kollektivtrafiken kompletteras med andra tjänster som underlättar resan dörr till dörr.

Det finns två huvudbegrepp att hålla reda på; delning av fordon (sekventiell delning) och samåkning (samtidig delning). Exempel på delade fordon är bilpooler, lånecyklar och uthyrning av privata bilar. Medan samåkning innebär att flera personer delar på fordonet samtidigt och exempel på det är när grannar åker gemensamt till arbetet eller liftning. Samåkning är inget nytt, utan det nya är att digitaliseringen möjliggör att personer som inte känner varandra kan kopplas samman för att dela en resa.

Hur stor del av befolkningen som använt delningstjänster är osäkert. Till utredningen *Delningsekonomi på användarnas villkor (SOU 2017:26)* gjordes en kvantitativ studie av befolkningens erfarenheter av delningsekonomiska transaktioner. Utredningen betonar resultatets osäkerhet. Enligt utredningens analys beror detta på att respondenterna haft svårt att överblicka det, i flera dimensioner, mycket vida fält av olika plattformstyper, varu- och tjänsteområden med mera, som enkätfrågorna med nödvändighet måste spegla.

Med beaktande av de osäkerheter som finns skattar utredningen att drygt 10 procent av befolkningen använt en delningsekonomisk plattform under åren 2015 och 2016. Den delningstjänst som respondenterna i denna studie använt mest var Airbnb följt av Uber Pop. Den senare tjänsten är numera nedlagd i Sverige sedan Svea hovrätt fastställt att den är att betrakta som olaglig taxitrafik.[69]

Det finns en tröghet när det gäller nya tjänster inom mobilitetsområdet. En del av förklaringen finns i lagstiftningen för beskattning och arbetsrätt vilket Trafikanalys framhöll i yttrandet över SOU 2017:26. Men även för de tjänster som inte har dessa begränsningar syns trögheter. För att de nya tjänsterna ska få ett genomslag behöver kunskapen om vilken eller vilka faktorer som håller tillbaka utvecklingen öka. Det kan dock inte uteslutas att delningstjänsterna kan ha en stor påverkan på redan etablerade företag. Det finns ett flertal samarbeten mellan etablerade fordonstillverkare och företag som tillhandahåller delade tjänster som talar för det.

Till utredningen om självkörande fordon[70] togs framtidsscenarier fram för att beskriva vilken påverkan automatiserade fordon kommer att få på samhället. Det scenario som togs fram baserades på utfallet av två osäkerheter, dels hur delningsekonomin omfattats av människor och hur det slagit igenom i transportlösningar dels hur ambitiös politiken varit i att sätta mål

[69] Transportstyrelsens webbplats 2016, *UberPOP är olaga taxitrafik*. www.transportstyrelsen.se/sv/Nyhetsarkiv/uberpop-ar-olaga-taxitrafik/
[70] SOU 2018:16, *Vägen till självkörande fordon.*

och driva utvecklingen mot dessa mål. I arbetet med dessa scenarier identifierades genomslaget av delning som mycket viktigt för hur snabbt förarlösa fordon får ”genomslag på marknaden” och att delning var viktigt för att begränsa antalet körda kilometer. Vilket i sin tur är viktigt för att begränsa trängsel, miljöpåverkan och olyckor. Det finns således positiva externa effekter av delning som behöver inkluderas när regelverk för delningstjänster utreds.

Som framgått av den enkätundersökning som gjordes till utredningen ”Delningsekonomi på användarnas villkor” har ännu inte olika former av nya delningstjänster i någon större utsträckning påverkat resandet. Undantaget är möjligen de olika tjänster för ”mikromobilitet” som introducerats i Sverige och i omvärlden på senare tid. Exempel är cyklar eller elscootrar som lånas för att göra korta resor. För dessa har tillväxten varit så stor att den blivit ett problem i vissa städer och till exempel i Stockholm har möten ordnats mellan kommunen och företagen för att diskutera de negativa effekterna av elscootrarna.[71] Det finns mycket lite kunskap om vilka effekter dessa nya tjänster medfört. Några svenska studier har vi inte funnit så det är svårt att säga vilka resor och färdmedel som till exempel elscootrar ersätter. Att tillväxten skett inom det sekventiella resandet är dock uppenbart.

Med tanke på den förmodade tillväxten i bilresor genom den ökade attraktivitet och tillgänglighet som automatiseringen medför blir det viktigt att stimulera det samtidiga delandet för att bromsa biltrafikutvecklingen och därmed en ökad trängsel i städerna. Det blir också viktigt i denna nya konkurrenssituation att de mobilitetstjänster som introduceras kompletterar kollektivtrafiken och gör den mer attraktiv för att behålla dem som redan reser kollektivt och attrahera dem som idag åker bil.

Utmaningar inom vägtrafiken

För att uppkopplade, samverkande, automatiserade och delade fordon, farkoster och system ska kunna introduceras i större skala och bidra till en utveckling som gör att vi närmar oss de transportpolitiska målen måste många hinder övervinnas. Som ovan redovisats är grunden lagd för en uppkopplad och samverkande trafik genom krav på att nya fordon ska vara uppkopplade och specifikationer för hur kommunikationen ska ske.

Kommissionen beskriver i sitt meddelande *Vägen mot automatiserad – en EU-strategi för framtidens rörlighet* [72] de största utmaningarna på vägen mot en uppkopplad, samverkande och automatiserad rörlighet. Kommissionen intar i meddelandet en integrerad hållning mellan uppkoppling, samverkan och automatisering. De skriver ”*När fordonen blir alltmer uppkopplade och automatiserade kommer de att kunna samordna sina manövrer med hjälp av aktivt infrastrukturstöd och möjliggöra intelligent trafikledning för så smidiga och trafiksäkra flöden som möjligt”*.

För att stödja denna strategi har Kommissionen beslutat att inrätta en EU-täckande plattform med representanter från bland annat näringsliv, forskning, myndigheter och intresseorganisationer. Plattformen, eller gruppen som den också kallas, har till uppgift att ge råd och stöd till Kommissionen i frågor om tester och tidig spridning av aktiviteter inom områdena uppkopplad, samverkande, automatiserad och autonom mobilitet.

---

[71] stockholm.se, *Nya tjänster nya resvanor - det sades på seminariet*. www.stockholm.se/Fristaende-webbplatser/Fackforvaltningssajter/Miljoforvaltningen/Miljobilar/Nyheter-och-press/Nyheter-och-press/Nyheter/Nya-tjanster-nya-resvanor---det-sades-pa-seminariet

[72] Europeiska kommissionen COM(2018) 283 final, *Vägen mot automatiserad rörlighet – en EU-strategi för framtidens rörlighet.*

I efterfrågan om medlemmar till gruppen listas 13 områden inom vilka Kommissionen anser att insatser bör göras.[73]

a. Arbeta för att utveckla en agenda för tester i syfte att maximera samverkan och komplementaritet mellan dem.

b. Stödja koordinering av projekt med ett fokus på gränsöverskridande trafik.

c. Samla och utbyta erfarenheter mellan projekt.

d. Utveckla gemensamma utvärderingsmetoder för att kunna jämföra testresultat.

e. Främja samarbete mellan olika aktörer för att utveckla standarder och tekniska specifikationer och att arbeta för att utveckla en metod att utvärdera säkerhet.

f. Visa hur tillgång till och utbyte av fordons- och infrastrukturdata kan underlättas.

g. Identifiera en gemensam grund för att hantera tekniska och legala frågor relevanta för tillgång till, överföring, användning och lagring av data.

h. Utvärdera cybersäkerheten, identifiera brister i densamma och sprida goda exempel på hur cybersäkerhet kan hanteras.

i. Identifiera hur fysisk och digital väginfrastruktur kan stödja införandet av uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon ock förbättra säkerheten. Säkerhetsaspekten kan inkludera en klassificering av fordonens egenskaper.

j. Koordinera aktiviteter inom området telekommunikation.

k. Identifiera hur satellitnavigering och satellitkommunikation kan stödja spridning av automatiserad rörlighet, följa upp utvecklingen och föreslå nya aktiviteter för forskning.

l. Identifiera åtgärder av samhälls- och miljökaraktär som är väsentliga för allmänhetens acceptans av automatiserad rörlighet.

m. Att granska de juridiska problem som kan påverka tester och tidigt införande såsom trafikregler, fordonslagstiftning, behandling av data och integritet.

Listan med insatser som Kommissionen anser behöver göras är lång och spänner över flera områden som teknisk utveckling, samverkan, juridik, utvärdering, validering och allmän acceptans. De utmaningar Kommissionen listat är enligt Trafikanalys bedömning relevanta även i en svensk kontext och de behandlas också i varierande omfattning i denna rapport. En annan slutsats av listan är det internationella arbetets betydelse för att få till stånd uppkopplad, samverkande och automatiserad trafik.

[73] Europeiska kommissionen 2019, *Open call for applications for the single platform for open road testing and pre-deployment of cooperative, connected, automated & autonomous mobility*. https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/move_single_platform_call-for-applications_v1.0.pdf

2.3 Sjöfart[74]

Tillträde, fartyg, fritidsbåtar och infrastruktur

Reglerna för att få bedriva sjöfart i svenska farvatten varierar. För små fartyg och båtar finns inga restriktioner medan det för större fartyg finns särskilda krav.

Krav på att delta i sjötrafikinformationstjänsten (VTS Vessel Traffic Service)[75] gäller fartyg med en bruttodräktighet[76] om 300 eller mer eller med en längd av 45 meter eller mer samt bogserande fartyg som tillsammans med släpet har en längd av 45 meter eller mer. Sjötrafikinformationstjänsten ska bidra till att förhindra kollisioner och grundstötningar genom att samverka med trafiken och hantera de trafiksituationer som uppstår inom VTS-området.

Vidare gäller lotsplikt. Om ett fartyg ska ha lots avgörs av fyra faktorer. De fyra faktorerna är; fartygets storlek, fartygets konstruktion, vilket farvatten fartyget ska framföras i, samt lastens art.[77]

Fartyg som lastar eller lossar last eller lämnar eller hämtar passagerare i Sverige ska betala farledsavgift.[78] Farledsavgiften består av beredskapsavgift, fartygsbaserad farledsavgift samt gods- och passagerarbaserad farledsavgift.

Sjöfartens infrastruktur för kommersiell trafik består av hamnar och farleder. Hamnarna är i stor utsträckning kommunalägda, men privatägda hamnar förekommer också. I den officiella statistiken om sjötrafik ingår hamnar som under mätperioden haft anlöp av fartyg med en bruttodräktighet på 20 eller större i syfte att hantera gods eller passagerare. Under år 2018 var det 100 hamnar i Sverige som uppfyllde dessa kriterier och rapporterade uppgifter till Trafikanalys statistik om sjötrafik.[79]

Den svenska civila sjöfarten delas upp i handelsfartyg och specialfartyg. Handelsfartygen utgörs av lastfartyg och passagerarfartyg, specialfartygen utgörs av pråmar, isbrytare, bogser- och bärgningsfartyg samt övriga specialfartyg med motor.

Totalt uppgick den svenska handelsflottan 31 december 2018 till 1 317 fartyg varav 176 lastfartyg, 585 passagerarfartyg, 219 pråmar och 337 specialfartyg. Till passagerarfartyg räknas färjor, varav till exempel Trafikverkets vägfärjor är en del. Färjerederiet trafikerar 41 vägfärjeleder i det allmänna vägnätet med 70 fartyg.

Att ett fartyg ingår i den svenska handelsflottan innebär inte att de trafikerar svenska farvatten och omvänt, det vill säga många av de fartyg som trafikerar Sverige är inte registrerade här. Havsmiljöinstitutet redovisar i sin rapport ”Sjöfarten kring Sverige och dess påverkan på havsmiljön” att drygt 10 200 unika fartyg, exklusive fiskefartyg trafikerade farvattnen runt Sverige under år 2013.[80] Dessa fartyg kom från 122 olika länder.

---

[74] Avsnittet baseras på ett underlag från Ulf Svedberg, tidigare Sjöfartsverket.
[75] Transportstyrelsens författningssamling TSFS 2009:56, *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om sjötrafikinformationstjänst (VTS) och sjötrafikrapporteringssystem (SRS).*
[76] Bruttodräktigheten anger fartygets storlek och bygger på fartygets totala inneslutna rymd (volymen av samtliga slutna utrymmen).
[77] Transportstyrelsens författningssamling TSFS 2017:88*, Föreskrifter och allmänna råd om lotsning.*
[78] Sjöfartsverkets författningssamling SJÖFS 2018:18, *Sjöfartsverkets föreskrifter om farledsavgift.*
[79] Trafikanalys 2019, *Kvalitetsdeklaration Sjötrafik 2018.*
[80] Havsmiljöinstitutet rapport 2014:4, *Sjöfarten kring Sverige och dess påverkan på havsmiljön*.

Även fritidsbåtar behöver beaktas när man försöker skatta hur många fartyg och båtar som trafikerar svenska farvatten. Enligt Transportstyrelsens båtlivsundersökning fanns det i Sverige år 2015 cirka 750 000 fritidsbåtar.

Sjöfartens övergång in i den digitala informationsåldern

IMO, FN:s organ för sjöfart med säte i London lanserade redan 2007 något de kallade e-Navigation vars syfte är att harmonisera, behandla och utbyta digital information. I första hand internt på fartyg men även mellan fartyg. Över tid har även digitalt informationsutbyte mellan fartyg–land kommit att bli mer och mer aktuellt.

Sverige lanserade och drev i början av 2000-talet igenom en internationell standard och krav att göra AIS obligatoriskt på fartyg. (AIS=Automatic Information System är ett radioburet system som utbyter statiska och dynamiska fartygsdata mellan fartyg och fartyg-land). Vid sidan av radar och GNSS utgör AIS idag sjöfartens viktigaste beslutsstöd.

Inom ramen för EU:s program Motorways of the Sea (MoS) initierade Sverige 2010 tillsammans med Finland och Danmark ett treårigt triple helix projekt (MONALISA) som sömlöst följdes av projektet MONALISA 2.0 (2013–2016) där ytterligare sju EU-länder med sammanlagt 32 partners anslöt sig. De EU-finansierade projekten syftade till att utarbeta de mest effektiva processerna för att i praktiken förverkliga innebörden av ett teoretisk e-Navigation-koncept.

Bland samtliga partners inom projekten var det uppenbart att samhällsutvecklingen utanför sjöfartsområdet inom IT-området gick snabbt och för att utveckla tillämpningar inom sjöfarts-området måste hela klustret med sina intressenter och nyckelaktörer från myndigheter, industri och akademi inkluderas.

Projektet MONALISA 2.0 resulterade i olika separata lösningar som Route exchange, det internationellt standardiserade RTZ-format, Automatisk certifikatkontroll samt etablerandet av ett EMSN, (European Maritime Simulator Network) där avancerade simulatortester mellan många länder möjliggjordes för första gången.

Huvudresultatet var inrättandet av konceptet STM, Sea Traffic Management, som i allt väsentligt liknar flygets motsvarighet, ATS, Air Traffic Services.

MONALISA-projekten som låg helt i linje med Motorways of the Sea följdes 2016 av EU-projektet STM Validation Project vilket kommer att avslutas 2019. Projektet, med över 50 partners från 13 länder och med en budget på 43 miljoner Euro och med 300 STM kompatibla testfartyg, indikerar att STM utgör ryggraden i nästa generations maritima digitala serviceinfrastruktur och som i symbios med det globala MCP nätverket (Maritime Connectivity Platform) kommer att forma sjöfartens informationsutbyte för framtiden. Man kan säga att ett fungerande STM är en förutsättning för en utveckling av automatisering och fjärrstyrning inom sjöfartsområdet.

Pågående projekt

Med STM-konceptet på plats, är Sverige idag engagerat i flera genomförandeprojekt som samlar myndigheter, industri och akademi/institut, kring vidareutveckling av STM-konceptet främst i, men dock inte begränsat till, Östersjöregionen. Den för den nordiska vintersjöfarten viktiga isbrytningsverksamheten i Sverige och Finland har idag i sin operativa drift ett utbyte av rutter genom STM vilket kraftigt reducerat isbrytarnas behov att färdas längre sträckor för att möta upp fartyg för assistans.

I Stockholms skärgård pågår Interreg Central Baltic-projektet ”Efficient flow of goods and passengers between Finland and Sweden”[81] med mål att införa intelligent datastöd för beräkning och planering av möten mellan stora fartyg i trånga farledsavsnitt. Projektet arbetar också för att få till digital informationsdelning i fartygsanlöpet till hamnarna Gävle och Raumo.

Inom sjöräddningen har STM och ”route exchange” visat sig vara ett kraftfullt verktyg för SAR-verksamheten, exempelvis för distribution av sökmönster till yt- och luftresurser som deltar i eftersök till havs.

För närvarande pågår även projektet Real Time Ferries[82] där multimodal realtidsuppdatering av fartygens rörelser ger intressenter och avnämarna av information i land helt nya möjligheter att med hög precision (minutoperativt) planera sin logistik. Det bidrar såväl till ökad energieffektivitet som till effektiva godstransporter.

STM BALT SAFE projektet[83] är en utökning av fartygsanvändare som görs STM-kompatibla och har ett fokus på ökad säkerhet för tankfartygs passage genom Östersjön framför allt från finska viken. Samarbetet inom STM BALT SAFE sker mellan Sverige, Estland, Ryssland, Polen, Finland och Lettland, men också Norge och Danmark deltar.

Gemensam nämnare för de flesta projektens tillämpningsområden är att effektivisera dataflöden där kärnfrågan i första hand är säkerheten för navigering och informationsdelning mellan fartyg och fartyg-land. Självfallet är både områdena ekonomi och miljö viktiga i sammanhanget och har möjlighet att dra stora fördelar av projekten.

Automatiserade fartyg

Automatiserade fartyg är ett område som är högintressant ur forskningssynpunkt, där tekniken troligen inte är det avgörande för implementering utan mer frågor av juridisk karaktär och ansvarsfrågor. En ytterligare komplikation är hur de olika handhavandeprocesserna ska tillämpas. De styrande regelverk som finns är med all nödvändighet internationella, vilken per automatik får till effekt en icke obetydlig inbyggd tröghet i allt förändringsarbete.

I närtid finns endast smärre försök och tester som pågår och en mer hållbar och långsiktig driftsfas av regelbunden automatiserad drift av fartyg lär troligen dröja ännu många år.

Automatiserad och semi-automatiserad styrning kan delas in i olika grader av automatik, där fartyg självständigt och helt på egen hand med tillräcklig datakraft och även med inslag av artificiell intelligens (AI), är det som ligger längst bort på tidsaxeln.

Obemannade farkoster kan redan idag styras i realtid på distans (jämför flygets fjärrstyrning av flygledningstorn) med hjälp av kameror och andra sensorer. Ett tredje alternativ är att fartygen via objektstyrning tilldelas målbilder som ombordutrustningen kan omvandla till minutoperativa åtgärder för att uppnå säker framfart.

Till denna kategori bör även fogas *Lotsa från land*-konceptet som diskuterats och undersökts i flera projekt genom åren, såväl i Sverige som i andra länder. För cirka 10 år sedan gjordes en studie i ämnet av Chalmers och Sjöfartsverket och för närvarande har ett nytt projekt påbörjats där *Lotsa från land*-konceptet ska testas i farleden in till Oxelösund och Norrköping. I projektet ingår RISE, Sjöfartsverket och ett antal rederier. Likaledes finns här ett behov av att klarlägga skillnader i processer, men särskilt innebörden av begreppet lotsning och vilka behov som avses mötas, både juridiska som operativa.

[81] Interreg Central baltic, *Programme 2014-2020 project database* http://database.centralbaltic.eu/project/96
[82] Sea Traffic management, *Real time ferries* www.stmvalidation.eu/projects/real-time-ferries
[83] Sea Traffic management, *STM BALT SAFE* www.stmvalidation.eu/projects/stm-balt-safe

Vessel Traffic Service (VTS) är en sjöfartstjänst som finns i särskilt trafikerade vatten världen över och som kan erbjudas på tre skilda nivåer, trafikinformation, trafikorganisering och trafikledning. Skillnaderna är små och tjänsterna går lite in i varandra. Juridiskt och ansvarsmässigt är processerna inte helt klarlagda varken regionalt eller internationellt. Liknande problemställningar finns inom flyget och flygtrafikledningens ansvar kontra piloten.

Andra användningsområden för automatiserade farkoster kan vara att bedriva miljöövervakning eller att på andra sätt kartlägga havet över eller under ytan. Via satelliter kan farkoster redan idag skicka information om exempelvis vattnets strömningshastighet, temperatur, salt- och koldioxidhalt. Ett viktigt mål med detta är att förstå havens roll och det samspel som råder mellan ishaven och jordens klimat och hur de påverkar varandra.

Automatiserade fartyg kan också effektivt användas för sjömätning, främst i grunda vatten eller inlandsvatten, eller kustnära områden. För närvarande pågår även tester inom sjöräddningen med så kallade drönare som kan spana efter, men även markera, nödställda till havs.

Infrastrukturens behov av förändring

I takt med att digitaliseringen och dess tillämpningar nu ökar lavinartat både till sjöss och på land, bör även stor tankemöda läggas på vilka behov och krav sjöfarten kan komma att ställa på kuststaternas servicefunktioner längs med de automatiserade fartygens planerade färdvägar.

Även om de automatiserade fartygen inte är att vänta i närtid så har dagens navigatörer redan nu stora behov av en digitaliserad infrastruktur för att säkerställa de högkvalitativa besluts-stödsystem som tillhandahålls på fartygens INS och ECDIS (Integrated Navigation System och Electronic Chart and Information System). Det gäller allt från digitala sjökorts upp-dateringar i realtid, ”Under keel clearance-beräkningar” till fyrars och bojars möjligheter att utbyta data. När de automatiserade fartygen så småningom anländer finns av naturliga skäl inga behov av visuella eller audiella hjälpmedel, inte heller det vi idag kallar sjökort – inte heller utprickning som vi känner den idag.

Framtidens fartyg kommer att behöva en digital maritim infrastruktur som kan kommunicera maskin till maskin för att säkert kunna färdas i sin så kallade ”safe tunnels” där djup, höjd och sidobegränsningarna är styrande faktorer. Ett enkelt exempel är att, om bemannade uppkopplade fartyg med GNSS ansluts till en gemensam landbaserad server med sjösäkerhetsanstalter (fyrar och bojar med mera) kan man automatiskt tända och släcka dem bara när fartyg finns i närheten och behöver dem. Det skulle resultera i att energibehovet minskas radikalt och ombyggnad till solcellsdrift blir billigare och i princip kan nyttjaren göras betalningsansvarig för tjänsten. När automatiserade fartyg kommer görs istället exakta positioneringskontroller mellan sjösäkerhetsanordningar och fartyg så att deras ”*safe tunnel”* hela tiden uppnås.

Motorways of the Sea

För sjöfartssektorn aktualiseras vikten av digitaliseringen även inom ramen för EU:s program Motorways of the Sea[84], då EU nu ser över prioriteringarna för aktuella finansieringsprogram. Stort fokus läggs vid cybersäkerhet, som blivit en het fråga för enskilda länders regeringar,

[84] Europeiska kommissionen, *Motorways of the Sea*. https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/motorways_sea_en

men även för industrin som upptäckt att dagens moderna pirater är uppdaterade inom den digitala tekniken.

Inom Motorways of the Sea kommer fokus även framöver att ligga på att effektivisera sjöfartstransporterna och öka hamneffektiviteten. Några av de förslag som lyfts fram är att,

- vidareutveckla flödesplaneringstjänster (flow management services) för att stödja både landbaserade organisationer och fartyg i att optimera trafikflöden,
- fortsätta att utveckla tjänster för informationsutbyte mellan de olika parterna i hamnen (port CDM[85]),
- uppmuntra delning av data genom gemensamma tekniska informationslösningar,
- ökad effektivitet genom automatisering av hamnar och terminaler,
- investeringar i järnvägsanslutningar till hamnar och terminaler,
- stödja en övergång till alternativa bränslen och reningsmetoder genom att möjliggöra bunkring av alternativa bränslen och elanslutningar vid kaj i stomhamnarna i Europa samt att installera mottagningsanordningar för skrubberavfall i hamnarna och,
- inrätta ett program inom EU för trafikledning inom sjöfarten (STM) och att en koordineringsmekanism, inspirerad av SESAR Joint Undertaking inom flyget, införs för att säkra en fortsatt utveckling och införande av trafikledning inom sjöfarten.

Utmaningar i omställningen

Digitalisering inom sjöfartsområdet är viktigt för sjöfartens integrering i ett sammanhållet nationellt transportsystem. Hastigheten i förändringarna i introduktion av ny digital teknik och nya automatiserade/fjärrstyrda lösningar påverkas av hur IMO och andra regeldrivande organisationer ställer sig. Det är troligt att stora delar av förändringen kommer att drivas av en tydlig affärsnytta och ske i olika takt inom olika delar av sjöfartssektorn, då regelutvecklingen inom sjöfarten ofta är långsam. Det kan jämföras med flyget där motsvarande utveckling främst drivits på av regelverk som berört alla aktörer. En annan avgörande förutsättning, utöver utvecklingen av regelverket, är att kommersiella aktörers affärsmodeller och tjänsteutformning också utvecklas på ett sådant sätt att den nya teknikens potential ska kunna realiseras. Här spelar öppen kod och internationellt överenskomna standarder en viktig roll.

En förutsättning för att fartygen ska kunna föras fram automatiserat eller fjärrstyras är, vid sidan av en högkvalitativ lägesbild, en säker och robust positionering. Flera steg i den riktningen har tagits genom att sjögeografisk information digitaliseras och att satellitsystemen byggs ut. Det möjliggör för sjöfarten att gå över från att förlita sig på fysiska sjökort, radio- och radarnavigering till att i allt högre grad kunna använda sig av globala satellitbaserade navigationshjälpmedel (GNSS - global navigation satellit system). En ökad precision och säkerhet i positioneringen, horisontellt och vertikalt, skapar nya möjligheter för en energibesparande optimering av UKC (Under Keel Clearence) och avancerat navigationsstöd från land.

Inom en tioårsperiod kan vi förvänta oss stora förändringar om hur fartyg kan och får framföras och hur deras rutter planeras och kommuniceras. Men samtidigt tar det tid att ställa om handelsflottan och det finns flera faktorer som påverkar hastigheten i förändringen. Delvis handlar det om hur regelverken är konstruerade och delvis handlar det om att omkringliggande teknik måste stödja framförandet av automatiserade fartyg, alltifrån att

[85] Collaborative decision making.

motorerna måste vara driftsäkra till att positioneringssystemen måste vara robusta. Ytterligare en faktor som inverkar är den ekonomiska livslängden för den nuvarande flottan (vanligtvis 25–30 år) vilken påverkas av att det i dagsläget är billigt med internationell arbetskraft. Det innebär att alldeles oavsett hur snabbt den fortsatta utvecklingen går torde vi under lång tid framöver förvänta oss att vi måste kunna ta emot fartyg med stor variation i sin tekniska standard ombord och i sin kapacitet att självständigt navigera i våra farvatten.

Själva sjömansyrket kommer även att förändras till att bli mer av dataoperatör i land än att stå på bryggan ombord. En helt ny kader av sjöfolk måste utbildas och tränas för att kunna hantera automatiserad och fjärrstyrd sjöfart. Det är viktigt att Sverige ges möjlighet att bygga kapacitet och kompetens för att fortsatt delta i den digitala revolution som sker inom sjöfarten såväl i myndigheter, inom industrin och akademin/institut.

2.4 Bantrafik[86]

Tillträde, fordon och infrastruktur

För att bedriva bantrafik krävs tillstånd från Transportstyrelsen som också godkänner infrastruktur och fordon samt utför säkerhetstillsyn. Det finns tre typer av bantrafik i Sverige; järnväg, tunnelbana och spårväg. Tunnelbanan är helt separerad från övrig trafik. Järnvägstrafiken körs på en egen banvall separerad från övrig trafik undantaget plankorsningar. Spårvägstrafiken går delvis på egen banvall, men också i gatumiljö där blandas den med övriga, människor och fordon, som rör sig i den aktuella miljön. Järnväg används både för gods- och persontrafik i hela landet och till utlandet medan spårväg och tunnelbana används lokalt för persontrafik.

För att få ett tidtabellsläge för järnväg krävs dessutom en ansökan till infrastrukturhållaren. Det finns tre typer av tillstånd; fasta tåglägen, ad-hoc-lägen och spärrfärd. Fast tågläge omfattar den kapacitet på spåret som behövs för att köra ett tåg mellan två platser och ger möjlighet till uppehåll på upp till 60 minuter på mellanliggande trafikplatser. AD-hoc-läge är ett tillfälligt tågläge.[87] Spärrfärd används främst för transporter i samband med arbeten, transporter från och tillbaka till en driftplats till en plats på linjen samt vid transporter som ska börja eller sluta på linjen. I samband med en spärrfärd får även vissa arbeten bedrivas på spärrfärdssträckan.

Inför varje tågavgång ska operatören delge operativ tåginformation. Det rör sig om ett 30-tal uppgifter, bland annat tågnummer, id för drivfordon, tjänstevikt och trafikplats för avgång.[88]

Det finns cirka 1 100 mil järnväg, 14 mil spårväg och 11 mil tunnelbana. All tunnelbana och nästan all spårväg är dubbelspårig medan 19 procent av järnvägsnätet har dubbel- eller flerspår och 81 procent är enkelspår. 76 procent av bannätet är elektrifierat och 96 procent av antalet tågkilometer sker med eldrift. 77 procent av bantrafiken har någon form av automatisk tågkontroll (ATC). Det nya europeiska signalsystemet ERTMS finns på 5 procent av nätet, huvudsakligen nybyggda järnvägar till exempel Botniabanan.

[86] Avsnittet har granskats och kompletterats av på ett underlag från Bo-Lennart Nelldal Bolle Rail Research.
[87] Trafikverket 2018, *Broschyr järnvägsnätsbeskrivning*. https://trafikverket.ineko.se/Files/en-US/17178/Ineko.Product.RelatedFiles/100831_att_trafikera_jarnvagen_jnb_2018.pdf
[88] Trafikanalys 2017:24, *Inventering av kunskapsunderlag om järnvägstransporter – delredovisning.*

År 2017 fanns cirka 4 000 järnvägsbroar[89] varav 19 öppningsbara för sjöfarten och av dem är 17 järnvägsbroar och 2 spårvägsbroar och vidare finns det åtminstone tre kombinerade järnvägs- och vägbroar där spåren går i vägbanan.[90]

2017 fanns 10 400 korsningar mellan väg och järnväg varav 3 100 planskilda och 7 300 plankorsningar. Av dessa var drygt 3 200 försedda med bommar eller signalskydd, medan ca 4 100 hade enkla eller var helt utan skydd varav många är ägovägar för jordbruk.[91] [92]

Dragfordon består lok och motorvagnar. Lokdragna tåg förekommer både för gods- och persontrafik på järnväg. Motorvagnar är självgående enheter med passagerarutrymme, ofta permanent sammankopplade med flera vagnar. Spårväg och tunnelbana bedrivs enbart med motorvagnar och i allt större utsträckning även i järnvägens persontrafik. Det fanns i slutet av år 2017 totalt 3 818 dragfordon i spårtrafiken varav 2 699 inom järnvägen, 622 inom spårvägen och 497 inom tunnelbanan.

Tunnelbana finns enbart i Stockholm och bedrivs av en entreprenör på uppdrag av Storstockholms lokaltrafik (SL). Spårvägstrafik bedrivs i skrivande stund i tre städer Stockholm, Göteborg och Norrköping med totalt fyra olika operatörer. I Lund byggs för närvarande en spårväg som avses öppnas för trafik 2020.

Järnvägstrafik bedrivs dels som kommersiell trafik av olika operatörer i konkurrens, vanligtvis fjärrtrafik, dels som upphandlad trafik av regionala kollektivtrafikhuvudmän för regional trafik och staten för olönsam interregional trafik. Den internationella persontrafiken är i dag begränsad medan godstrafiken är omfattande. Godstrafik bedrivs uteslutande som kommersiell trafik i konkurrens mellan statliga och privata bolag.

Jämfört med vägtrafiken är det betydligt färre fordon som behöver utrustning som stödjer uppkoppling, samverkan och automatisering. Även längden på det trafikerade nätet är väsentligt kortare, bantrafiktrafiknätets längd motsvarar 13 procent av längden av det statliga och kommunala vägnätet.

Bantrafikens, liksom luftfartens, systemkaraktär gör det svårt att dra gränsen för vad som är uppkopplat, samverkande och ibland även automatiserat. Det är mot den bakgrunden avsnitten nedan ska läsas.

Uppkoppling

För att järnvägstrafiktrafik med fler än ett tåg på samma spår ska kunna bedrivas krävs någon form av säkerhetssystem. Från början var banan indelade i stationssträckor där tågklarerare höll reda på tågen genom ett manuellt system för tåganmälan (TAM) som kunde understödjas av signaler. Detta system förekommer fortfarande på glest trafikerade enkelspåriga järnvägar. När trafiken blev tätare infördes dubbelspår och att man kunde dela in banan i blocksträckor mellan stationerna. För detta utvecklades ett system med automatisk linjeblockering och ljussignaler som säkerställde att det bara fanns ett tåg på varje blocksträcka. Nästa steg var att införa CTC (Centralised Train Control) så att tågklarerarna kunde sitta på en central plats och styra växlarna och därmed tågen på en hel linje eller på ett nät i stället för på varje station.

[89] Trafikverket, *Skötsel av broar.* www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-broar-och-tunnlar/Skotsel-av-broar
[90] Piteälvsbron vid Moskosel, Oxbergsbron i Dalarna och Mankellbron i Sveg.
[91] Trafikanalys Statistik 2018:17, *Bantrafik 2017*.
[92] Trafikverket *Plankorsningar – korsningar mellan väg och järnväg.* www.trafikverket.se/resa-och-trafik/Trafiksakerhet/Din-sakerhet-vid-jarnvag/Plankorsningar

Därefter utvecklades ATC (Automatic Train Control) som kontrollerar att tågen inte kör mot stoppsignal eller kör för fort och ingriper om inte föraren gör det. Signalsystemet består av ljussignaler längs med banan och vid ATC en panel i dragfordonet som meddelar föraren om blocksträckan framför kan trafikeras och vilken hastighet som är tillåten. Det signalsystem som vanligtvis används i Sverige för närvarande kallas ATC2. Linjen är indelade i blocksträckor som i regel är mellan 1 500 till 3 000 meter långa. Växlar och tågrörelser styrs från trafikledningscentraler. Det finns i dag 8 trafikledningscentraler i Sverige.

ATC, eller någon form av det, är det vanligast förekommande säkerhetsystemet på moderna järnvägar i Sverige och Europa i dag och är ett exempel på ett mer eller mindre uppkopplat och samverkande system. Det är ett system där signalerna överförs genom signalkablar längs banan och trådlöst via baliser till dragfordonen.

EU har beslutat att det EU-gemensamma signalsystem ERTMS (European Rail Traffic Management System) ska införas i medlemsländerna samt Norge och Schweiz. Det europeiska stomnätet ska senast år 2030 vara utrustat med ERTMS. Det primära syftet med ERMTS är att underlätta gränsöverskridande trafik.

Systemets huvudprincip går ut på att optiska signaler (ljussignaler) längs spåret ersätts av information om körtillstånd och hastighet som trådlöst sänds direkt till tåget och visas på en panel. ERTMS som system består av följande delar,

- ETCS (European Train Control System-hastighetsövervakning och signalering),
- GSM-R (för kommunikation mellan tåg och signalanläggningar) och
- gemensamma europeiska trafikregler.

ERTMS finns i tre olika nivåer.[93] Den första nivån påminner om det nuvarande ATC med signaler längs spåret, men som också får information om körtillstånd, hastighet och sträckningsinformation direkt i tågets styrpanel. Dataöverföringen sker när tåget passerar baliser. ERTMS nivå 2 är ett digitalt radiobaserat signalsystem där föraren får information om körtillstånd och hastighet direkt i tågets styrpanel. Därmed kan signaler och hastighetsmarkeringar längs spåret avlägsnas. Signalsystemet övervakar tågrörelsen och skickar tåget kontinuerliga förändringar i körförhållanden och tillåten hastighet via GSMR. Blocksträckor och baliser i spåret används som för att fastställa/korrigera trafikledningens information om tågets position. ERTMS nivå 3 fungerar på samma sätt som nivå 2, men med ett viktigt undantag. Det behövs inga blocksträckor utan tågen kan i princip köra på bromssträckan. Detta ökar kapaciteten avsevärt jämfört med ERTMS nivå 2 och ATC. Tåg rapporterar regelbundet sin position och färdriktning till signalsystemet (RBC, Radio Block Center). Avståndet mellan tågen bibehålls utan användning av tågdetekteringssystem (spår/axelräknare), tågen har istället ett system för att säkerställa att det inte förlorar en vagn.

Sverige kommer att införa ERTMS nivå 2, vilket innebär att ljussignalerna inte längre behövs utan signalinformationen, och en del annan information, sänds över radio. ERTMS nivå 3 finns ännu inte godkänt för implementering på konventionell järnväg.

Kostnaderna för att anpassa infrastrukturen i Sverige till ERTMS beräknas till cirka 30 miljarder kronor.[94] Baserat på uppgifter i Riksrevisionens granskning kan kostnaderna för att installera ombordutrustningen skattas till mellan 3,5 och 6 miljarder kronor. Den lägre uppgiften, som är 2,2 miljoner kronor per fordon, kommer från fordonsägares ansökning om bidrag för investeringen från EU:s fond för ett sammanlänkat Europa (CEF). Den högre

[93] Banenor, *ERTMS for dummys*. www.banenor.no/globalassets/documents/ertms/ertms-for-dummys.xps
[94] Riksrevisionen RiR 2018:21, *Nytt signalsystem för järnvägen - effektiviteten i införandet av ERTMS*.

kostnaden, 3,6 miljoner kronor per fordon kommer från branschföreningen Tågoperatörernas enkät till sina medlemmar. För udda fordon kan kostnaden bli ännu högre. Finansieringen av infrastrukturutbyggnaden ska ske med medel från den nationella planen för infrastruktur medan fordonsutrustningen ska finansieras av fordonsägarna. Av Riksrevisionens granskning framgår att ombordutrustningen kan bli svår att finansiera för många operatörer, särskilt de som inte kan dra nytta av stordriftsfördelar, vilket kan leda till en obalans på marknaden.

Det finns också i dag olika typer av trådlösa förarstödsystem. Ett system (CATO) som har testats på Malmbanan ger föraren information om kommande tågmöten och lämplig hastighet med hänsyn till trafiksituationen. SJ AB har ett liknande, men något enklare, system där lokföraren får tidtabellen på en läsplatta och kontinuerlig information om lämplig hastighet.

Samverkan

All tågtrafik med undantag av spärrfärd kräver någon form av uppkopplad samverkan. Samverkan baseras på information till och från infrastrukturen och trafikledningscentralerna. Några exempel där tåg samverkar genom att vara uppkopplade med varandra eller via ett moln har vi inte funnit.

Inom EU pågår ett utvecklingsarbete för att standardisera meddelanden, informationsdelning, mellan länder och operatörer i internationell person- och godstrafik. Regelverken förkortas TAP (EU, 2011/454) respektive TAF (EU, 2014/1305). De innebär att medlemsstater och marknadsaktörer måste anpassa sina informations- och kommunikationssystem efter gemensamma system- och dataspecifikationer, till exempel format för trafikdata. Målet är driftkompabilitet (interoperability) i EU 2021.

I och med kravet på standarder på it- och datasystem för tågtrafiken ökar möjligheterna till samordning även av transportdata, men det är viktigt att hålla i åtanke att utvecklingsarbetet handlar om trafikinformation, inte transportdata, det vill säga information om passagerare eller gods. I två avseenden berör förordningarna övergripande frågor som även kan få konsekvenser för transportdata. Det gäller dels standardisering av plats- och tidsinformation, dels undantaget för konfidentiella ”handelsdata”. De senare är undantagna från TAF.[95]

Automatisering

Det finns flera exempel på förarlösa system där trafiken helt sköts automatiskt. Exempel på det är automatbanorna Köpenhamns metro[96] och Docklands light railway[97] i London. Det finns också tunnelbanelinjer i Paris och London som har automatisk tågdrift (ATO, Automatic Train Operation). Den i Paris har vägg med dörr mellan plattformarna och tåget (som på Citybanan i Stockholm) och körs helt förarlöst. Gemensamt för dessa och andra exempel är att de inte är fysiskt kopplade till det övriga bantrafiksystemet. Försök med förarlösa godståg görs också i Australien, här är det fråga om tunga koltåg i ökenlandskap.

Det pågår också omfattande arbete med att automatisera, digitalisera och koppla upp bantrafiken inte minst inom forskningsprogrammet Shift2Rail[98]. Det är ett projekt som är finansierat av EU och järnvägsindustrin där också forskare deltar.

---

[95] Trafikanalys Rapport 2017:24, *Inventering av kunskapsunderlag om järnvägstransporter – delredovisning.*
[96] Metroselskabet, *Om metroen.* www.m.dk/#!/om+metroen/facts+om+metroen
[97] Transport for London, *Docklands Light Railway.* https://tfl.gov.uk/corporate/about-tfl/what-we-do/docklands-light-railway
[98] Shift2Rail, https://shift2rail.org/about-shift2rail/

Även för spårvägstrafiken pågår utvecklingsarbete för att automatisera trafiken. I Tyskland bedriver till exempel Siemens ett sådant utvecklingsarbete.[99] I ett första steg introduceras automatiska nödbromssystem på spårvagnar i städerna Ulm, Haag och Bremen.

Den internationella kollektivtrafikorganisationen UITP har utvecklat en gradering av automationen inom järnvägen som omfattar fem nivåer.

Nivå 0 är ”visuell körning”, utan stöd av något signalsystem så som en spårvagn i gatutrafik.

Nivå 1 är manuell tågtrafik med någon form av ATP-system (Automated train protection) där tågföraren kontrollerar start och stopp, dörröppning och stängning, hanterar nödsituationer och andra avvikelser.

Nivå 2 är semi-automatisk tågkörning med automatiskt igångsättande och stopp, medan föraren hanterar dörrar, nödsituationer och andra avvikelser.

Nivå 3 är förarlös körning med automatisk start och stopp, men personal ombord hanterar dörrar, kör tåget i nödsituationer och hanterar avvikelser.

Nivå 4 är förarlös körning helt utan ombordpersonal, det vill säga såväl framförandet som dörrmanövrering och hantering av nödsituationer sker helt automatiskt.

Automatisering av spårtrafik underlättas av att fordonen styrs av spåret och de därmed bara behöver styras i en dimension. Vidare är det få aktörer och ett begränsat antal fordon. Att inte en större del av järnvägsnätet är automatiserat trots dessa goda förutsättningarna kan delvis bero på att järnväg är den äldsta formen av självgående fordon och bunden till en gammal infrastruktur och som länge varit ett monopol. Det finns också några mer logiska förklaringar. Vinsterna med automatisering, jämfört med vägtrafiken, är inte lika stora. Förarkostnaden i spårtrafik har mindre betydelse än i vägtrafik, se avsnitt 3.1 ovan. Ur trafiksäkerhetssynpunkt finns redan ett automatiskt säkerhetssystem (ATC) som kan se till att tågen inte kör in i varandra eller kör för fort och därmed riskerar att spåra ur. Järnvägen är också separerad från annan trafik.

Utmaningar inom bantrafiken

All järnvägstrafik är mer eller mindre uppkopplad och samverkande, även om samverkan inte alltid sker automatiskt. Drivkrafterna för automatisering är inte lika starka som för vägtrafiken. Särskilt för godstransporter finns behov av ett system som övervakar godsvagnarna på avstånd. En åtgärd i den strategiska planen för omställning av transportsektorn till fossilfrihet är att modernisera järnvägen. Det finns en vision om det intelligenta godståget som är ständigt uppkopplat med automatkoppel, elektropneumatiska bromsar, vagn- och lastindikatorer samt automatisk rangering och terminalhantering. Den är tekniskt fullt möjlig, men en utmaning att genomföra i Europa på kort sikt då godsoperatörerna har låg lönsamhet. Dessutom finns utmaningen för järnvägen med att implementera det nya signalsystemet ERTMS. Trafikanalys kan konstatera att järnvägen står inför stora ekonomiska utmaningar inte minst med beaktande av de kostnadsbesparingar som väntas ske i vägtrafiken till följd av automatiseringen.

Trafikanalys har inte identifierat några negativa effekter på de transportpolitiska målen till följd av uppkoppling, samverkan och automatisering.

---

[99] Siemens webbplats, *Teaching trams to drive.* https://new.siemens.com/global/en/products/mobility/rail-solutions/rolling-stock/trams-and-light-rail/autonomous-tram.html

2.5 Luftfart[100]

Tillträde, infrastruktur och farkoster

För att det ”traditionella” civilflyget[101] ska fungera behövs flygplan, flygplatser och flygtrafiktjänst. Dessa är beståndsdelar i ett system där det sker kommunikation mellan de olika delarna, vilket är en förutsättning för att systemet ska fungera och leverera en luftfart med hög säkerhet och effektivitet.

EASA (European Union Aviation Safety Agency) utfärdar regler för luftrummet inom EU samt Island, Lichtenstein, Norge och Schweiz. Trafikledningen är samordnad i Eurocontrol. Tillträde till EASA-luftrummet är i princip fritt utom för ett antal av EU-kommissionen ”svartlistade” flygbolag, för närvarande cirka 120.[102] All kommersiell trafik måste lämna in en färdplan enligt ett standardiserat system minst en timme i förväg. Färdplanen innehåller uppgifter om flygplanstyp, start, destination, flyghöjd med mera. Då delar av det kontinentala luftrummet har högt kapacitetsutnyttjande för trafikledningen finns ett system för flödeskontroll.[103] Avgifterna för luftrumsanvändning varierar mellan olika länder men faktureras centralt av Eurocontrols Central Routes Charges Office, CRCO. Inga särregler gäller för det svenska luftrummet och i detta finns heller inga egentliga kapacitetsbegränsningar. En indirekt begränsning är dock att tre flygplatser är slotkoordinerade, det vill säga ett begränsat antal start- och landningstider fördelas till flygbolagen enligt internationella regler. Det gäller Arlanda, Bromma och Landvetter.

Den internationella luftfarten styrs av bland annat Chicagokonventionen som administreras av FN-organet ICAO, bildat 1944.[104] Utgångspunkten för konventionen är att staterna ska samarbeta för en säker och effektiv utveckling av den civila luftfarten. De grundläggande principerna har varit desamma sedan 70 år tillbaka och bygger på geografisk separation och höjdseparation. En enkel form av flygtrafikledning är när flygledaren visuellt övervakar flygplatsen från flygledartornet, för att med blotta ögat avgöra flygplanens position och avstånd till varandra och dess omgivning. I mer modern tid (från 1995) har flygledarens situations-uppfattning och beslutsunderlag förbättrats genom introduktionen av olika verktyg. Idag används främst radio- och telekommunikation, färdplansinformation och i kombination med visuell övervakning för att utföra flygtrafikledning. Visuell separation används primärt för icke kommersiella flygplan som flyger enligt ”visuella regler”.[105]

Internationellt används förkortningen CNS (communication, navigation, surveillance) för att beteckna kommunikation, navigation och luftrumsövervakning. Navigation utförs i flygplanet medan övervakning av flygtrafiktjänsten utförs på marken, men verksamheterna överlappar varandra.

De flesta svenskar kommer i kontakt med flyget i samband med flygresor i linje- eller chartertrafik. Under 2018 bedrevs det sådan trafik från 38 flygplatser i Sverige. Inrättande och

---

[100] Avsnittet baseras på ett underlag från Karyd & Willemoth KB.
[101] Redovisningen nedan omfattar inte militär luftfart.
[102] Europeiska kommissionen, *Air safety list.* https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/air-safety-list_en.pdf
[103] Eurocontrol, *Enhanced Tactical Flow Management* System. www.eurocontrol.int/articles/enhanced-tactical-flow-management-system-etfms
[104] Transportstyrelsen, *ICAO* .www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/Regler-for-luftfart/Internationella-organisationer/ICAO-
[105] Luftfartsverket 2018, *Konsekvenser vid införandet av flygtrafikledning på distans vid det statliga basutbudet av flygplatser*.

drift av svenska flygplatser kräver tillstånd av Transportstyrelsen men det är Trafikverket som enligt sin instruktion har det övergripande planeringsansvaret för såväl flygplatser som hamnar trots att verket inte äger någon del av denna infrastruktur. År 2018 fanns enligt Trafikanalys statistik 248 flygplatser i landet.[106] För transportpolitiska överväganden är dock bara kategorin instrumentflygplatser intressant eftersom reguljär trafik och chartertrafik inte får bedrivas på andra flygplatser, i slutet av år 2018 fanns 45 instrumentflygplatser i Sverige. Instrument-flygplatser måste ha radiohjälpmedel som möjliggör inflygning i dåligt väder, brand- och räddningstjänst samt någon form av trafikledning. Denna kan numera utövas på distans men det sker än så länge enbart för flygplatserna Linköping/Saab, Sundsvall och Örnsköldsvik. Sälen/Trysil som väntas invigas i december 2019 byggs från början för fjärrstyrd trafikledning.

Antalet flygplan som är registrerade i Sverige uppgick 2018 till 2 441 flygplan varav 2 226 hade en högsta tillåtna startvikt under 5,7 ton.[107] Trafikflyg bedrivs numera inte med mindre flygplan än med 19 passagerarstolar och ett sådant väger cirka sju ton. I den kommersiella luftfarten är det vanligt förekommande att flygplanen är registrerade i ett annat land än Sverige. Uppgifter om antalet start och landningar inbegriper flygplan som är registrerade utomlands och ger en god uppfattning av omfattningen av trafiken. I den statistiken ingår dock enbart start och landningar vid de 38 flygplatser som har linje- eller chartertrafik. Inom linje- och chartertrafiken genomfördes under 2018 omkring 259 000 landningar. Till dessa tillkommer knappt 100 000 landningar inom taxiflyg och övrigt flyg.[108]

Antalet flygrörelser har ökat stadigt och uppgick 2018 till knappt 785 000 rörelser. Av dessa utgjorde drygt 357 000 eller 45 procent överflygningar, det vill säga utan start eller landning i Sverige.[109] Antalet avser rörelser enligt instrumentflygregler (IFR) vilket innefattar all reguljär, charter och överflygande trafik men därtill kommer drygt 200 000 rörelser enligt visuella flygregler, huvudsakligen klubbflyg och skolflyg.[110]

Navigation och kommunikation

VHF-bandet omfattar frekvenserna från 30 till 300 MHz. I detta band disponerar civilflyget frekvenserna 108–137 MHz. Den nedre delen av det så kallade flygbandet, 108–118 MHz, används för ett antal olika navigationshjälpmedel. Dit hör navigationsfyrar (VOR), avståndsmätare (DME) och inflygningshjälpmedel (ILS, som består av LLZ och GP, ofta även DME). Dessa är internationellt standardiserade av ICAO. Tekniken är gammal men välfungerande. DME certifierades 1959 och de övriga systemen 1949. Antalet anläggningar för radionavigation är stort – i det svenska registret finns för närvarande 170 radiofyrar.[111]

Samtliga ovannämnda system utom avståndsmätarsystemet DME använder passiva mottagare i flygplanet, det vill säga flygplanet är inte uppkopplat mot navigationshjälpmedlet. DME skickar däremot en frågesignal från flygplanet till en basstation och beräknar avståndet via tiden mellan frågesignal och svarssignal.

Rent teoretiskt har det sedan slutet av 1980-talet varit möjligt att uppnå minst samma navigeringsprecision med satellitnavigation (GNSS) som med markbaserade hjälpmedel.

---

[106] Trafikanalys Statistik 2019:8, *Luftfart 2018*.
[107] Viktgränsen 5,7 ton härstammar från en tidigare gräns mellan lätt och tung luftfart på 12 500 Pounds=cirka 5 700 kg.
[108] Trafikanalys Statistik 2019:8, *Luftfart 2018.*
[109] Trafikanalys Statistik 2019:8, *Luftfart 2018.*
[110] Luftfartsverket LFV D-2019-161405, *Fördjupad studie avseende utformning av det svenska luftrummet.*
[111] Luftfartsverket 2018, *Förteckning över radionavigationshjälpmedel.*
https://aro.lfv.se/Editorial/View/5771/ES_GEN_2_5_en

Undantaget är ILS där precisionen tidigare inte har varit tillräcklig. ICAO har dock inte velat förlita sig på föregångstekniken inom GNSS, det amerikanska GPS-systemet, eftersom GPS i ett krisläge skulle kunna stängas av och övergången har därför skett mycket långsamt, trots stora besparingsmöjligheter.[112] Numera finns även ryska GLONASS i full drift, det kinesiska Beidou är under utveckling och det europeiska Galileo kommer snart att vara fullt utbyggt. Därmed bortfaller ICAO:s farhågor och antalet markbaserade radionavigationsanläggningar kan förväntas minska. Det finns även icke-tekniska orsaker till satellitnavigationens långsamma genomslag, bland annat att inflygningskartor med mera måste göras om. GNSS har dock slagit ut andra navigationssystem som Loran, Omega och Decca.

Satellitnavigation medger även effektivare utnyttjande av luftrummet genom prestandabaserad navigation (PBN) som bland annat möjliggör högre precision vid inflygning för landning. EU har nyligen antagit en genomförandeförordning om krav för användning av luftrummet och operativa förfaranden avseende prestandabaserad navigation, förordning 1048/2018 som gäller från 3 december 2020. Artikel 5 som föreskriver att endast PBN ska användas gäller dock först från 6 juni 2030.[113]

Återstoden av flygbandet, 118–137 MHz, används för röstkommunikation.[114] Detta spektrum har stegvis förtätats för att möjliggöra fler radiokanaler från 190 till 2 280. Behovet av kanaler är mycket stort, bland annat eftersom närliggande flygplatser och kontrollcentraler inte kan använda samma frekvenser. Även en kort flygning som till exempel Karlstad-Stockholm berör ett tiotal kanaler.

Kommunikationen sker med en ålderdomlig teknik.[115] Den praktiska konsekvensen är bland annat att ett stort frekvensband används för överföring av jämförelsevis små mängder information. Det befintliga systemet är dock inbyggt i hundratusentals enheter och kostnadsmässigt är det mycket svårt att nu gå över till ett FM-baserat eller digitalt system. Kommunikation över oceaner där det inte finns markstationer sker till större delen med satellitkommunikation.

Därutöver finns en del annan kommunikation. Många flygplan rapporterar kontinuerligt motormätvärden med mer till flygbolaget. Flygtrafikledningen och flygplanen kommunicerar även via datalänksystem, bland annat CPDLC – Controller Pilot Data Link Communications.[116] För EU finns genomförandeföreskrifter i förordning 2015/310. En relativt ny företeelse är att i många flygbolag kan passagerarna koppla upp sina medhavda mobila enheter mot internet vilket kräver stor överföringskapacitet via kommunikationssatelliter.

Autopilot finns på alla trafikflygplan men kapaciteten varierar. Autopiloten används för att kontrollera planets stigning, följa den planerade flygrutten, nedstigning och inflygning.[117] Autopiloten används aldrig vid start, men i vart fall på större flygplan kan den helt genomföra automatiska landningar.

---

[112] I det av de nordiska luftfartsverken genomförda NHIP-projektet fann man redan 1994 mycket stora besparingsmöjligheter inom markbaserad infrastruktur genom att påskynda övergången till GNSS men projektet ledde inte till något beslut.
[113] Europeiska kommissionen (EU) 2018/1048, Genomförandeförordning *om krav för användning av luftrummet och operativa förfaranden avseende prestandabaserad navigation.*
[114] I slutet av 90-talet tillkom 1 MHz, 136–137.
[115] Amplitudmodulering (AM).
[116] Skybrary. Aero, *Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC).* www.skybrary.aero/index.php/Controller_Pilot_Data_Link_Communications_(CPDLC)#Introduction
[117] SAS Scandinavian traveler, *Hur ofta flyger man egentligen med autopiloten?* https://scandinaviantraveler.com/se/flyg/hur-ofta-flyger-man-egentligen-med-autopiloten

Flygtrafikledning

Flygtrafikledningens syfte är bland annat att separera flygplan från varandra. För att utföra flygtrafikledning (ATS, Air Traffic Services) används de metoder som ICAO på en global nivå definierat. De grundläggande principerna har varit desamma sedan 70 år tillbaka och bygger på lateral och vertikal separation. Detta sker nästan helt inom ramen för en internationellt standardiserad organisation av luftrummet i ett antal olika kategorier. Luftfartsverket har nyligen redovisat ett regeringsuppdrag avseende luftrumsorganisationen där de skriver att det svenska luftrummet är omodernt och de föreslår en strategi för att modernisera det.[118]

Ett centralt hjälpmedel för flygtrafiktjänsten är radar, med anor från 1940-talet. Den ursprungliga radarn (PSR) gav information om riktning och avstånd till flygplanet. Successivt har radarn utvecklats till att visa flygplanets höjd och en del annan data. Genom att jämföra en serie radar-ekon kan flygplanets kurs och fart beräknas. Den moderna radarn (SSR) har dubbelriktad kommunikation med flygplanet för att i realtid hämta information om bland annat riktning, avstånd, fart och höjd samt flygbolag, flygplanstyp och destination från Luftfartsverkets färdplansdata.

Efter införandet av satellitnavigation är emellertid radarstationens uppmätta och beräknade information om flygplanet i alla avseenden av sämre kvalitet än den information som redan finns i flygplanets satellitnavigator. Undantaget är flyghöjden som trots att den kan beräknas av satellitnavigatorn ändå bestäms av tryckhöjdmätare. En alternativ metod för flygtrafikledning är därför att helt enkelt skicka satellitnavigatorns data om position, höjd, fart och kurs till flygtrafikledningen via radio, på långa avstånd via satellit. Detta system, generellt benämnt Automatic Dependent Surveillance–Broadcast (ADS-B) kommer på lång sikt att nästan helt ersätta SSR. Flygplanets ADS-information kan till skillnad från radarinformationen avläsas och presenteras av andra organ än trafikledningen.

ICAO har dessutom beslutat att vissa flygplan registrerade i medlemsländerna ska vara utrustade med system för att undvika kollisioner. Detta kollisionsavvärjande system kallas ACAS, Airborne Collision Avoidance System, ibland TCAS–Traffic Alert and Collision Avoidance System.[119] ACAS fungerar oberoende av flygledningssystemet och bygger på att planen skickar signaler till varandra. Om två plan kommer för nära skickas en rekommendation om planet ska stiga eller sjunka som piloten har att följa.

Drönare

Det finns i samhället stora förväntningar på de tjänster som drönare kan bidra med till exempel övervakning, scanning och fotografering och transporter.[120] Kommissionen avser genom sitt initiativ U-space ta fram ett ramverk för reglering av obemannade farkoster.[121] Det finns dock många hinder på vägen som för överskådlig tid stoppar såväl gods- och persontransport med förarlösa drönare förutom det tekniska utvecklingsarbetet, till exempel om det finns tillräcklig utrymme för start och landning i städer, vilka krav som ska gälla för start- och landningsplatser, ansvarsfrågor vid olyckor, flygning i kontrollerat luftrum och översyn av regelverk för kommersiell luftfart.

---

[118] Luftfartsverket LFV D-2019-161405, *Fördjupad studie* avseende utformning av det svenska luftrummet.
[119] SKYbrary.aero, *Airborne Collision Avoidance System (ACAS).* www.skybrary.aero/index.php/Airborne_Collision_Avoidance_System_(ACAS)
[120] Transportstyrelsen Dnr TSG 2015–1338, *Omvärldsanalys inom sjö- och luftfart 2018 och framåt*.
[121] Europeiska kommissionen 2018, *Official launch event of the European Network of U-space Demonstrators* https://ec.europa.eu/transport/modes/air/events/launch-european-network-u-space-demonstrators_en

Transportstyrelsen har fått ett regeringsuppdrag att ta fram underlag för drönartrafik.[122.] I uppdraget ingår en fakta- och nulägesbeskrivning av användningen av drönare i Sverige samt en analys kring utvecklingsområden för att möjliggöra en fortsatt utveckling och användning av drönare. Underlaget ska därigenom även innehålla en analys av utmaningar i förhållande till användningen av drönare på kort och lång sikt samt eventuella behov av ändringar i det nationella regelverket avseende drönare Trafikanalys gör därför inte någon egen bedömning. Det är heller inte möjligt att ge någon tidplan för utvecklingen.

Utmaningar inom luftfarten

Gemensamt för flygets kommunikation, navigation och trafikledning är att internationella regler förhindrar nationell styrning men också att något behov av sådan knappast kan skönjas. En framtida utmaning är dock att reglera och finna tekniska lösningar som gör det möjligt för den ”traditionella” luftfarten och ett ökat antal drönare att dela på luftrummet.

Trafikanalys har inte identifierat några negativa effekter på de transportpolitiska målen till följd av uppkoppling, samverkan och automatisering.

2.6 System

Uppdraget ska ta upp fordon, farkoster och system. Fordon och farkoster inom de fyra trafikslagen har behandlats ovan. För att undvika att redovisningen blir alltför ofokuserad har Trafikanalys valt att avgränsa system till sådana där det primära syftet är gods- respektive persontransporter och begränsa den till i huvudsak vägtrafik. Det innebär att redovisningen kommer att omfatta system för transporter av gods och kollektivtrafik inklusive mobilitetstjänster. Däremot ingår inte till exempel drift- och underhållssystem, lagerhantering eller skatteupptagssystem.

Logistiksystem

Av promemorian ”Urbana godstransporter”[123] framgår att logistik kan definieras som processen att styra och effektivt organisera inköp, förflyttning och lagring av material samt tillhörande informationsflöde. Det inkluderar vad som ska göras och hur det ska göras. Inom akademin skiljer man på en ”supply chain”, logistikkedja och transportkedja. En ”supply chain” fokuserar på en produkt och den integrerade kedjan av aktörer, aktiviteter och resurser som krävs för att varan ska bli tillgänglig för konsumtion. En logistikkedja fokuserar på en artikel och beskriver kedjan från när artikeln skapas till dess att den konsumeras eller blir del av en annan artikel. Transportkedjan slutligen fokuserar på en varuförsändelse och beskriver aktiviteter och aktörer som direkt kan relateras till transporten, såsom försändelse, mottagning, transportplanering och kontroll. Vidare kan man skilja på distributionskanaler, det vill säga hur en vara kommer ut på marknaden, genom detaljhandel, e-handel och så vidare. Urban logistik är sista delen i kedjan vare sig vi pratar om supply chain eller transportkedjor. Som framgått av texten i inledningen av detta avsnitt är avgränsningen transportkedjor.

Det har i många år funnits system på marknaden för förvaltning av åkeriernas fordonsflottor. Systemen kan följa lastbilarnas position i realtid men också samla information om körningen,

[122] Regeringsbeslut N2018/03935/MRT, N2017/02238/MRT delvis Uppdrag att ta fram underlag om obemannade luftfartyg så kallade drönare.
[123] Trafikanalys PM 2016:5 *Urbana godstransporter.*

till exempel bränsleförbrukning eller information om kör- och vilotider. De lastbärare och även det gods som transporteras har i allt högre grad kopplats upp genom till exempel RFID-taggar vilket i sin tur möjliggör bland annat att få aktuell information om var godset befinner sig. Trafikverket har en tjänst där järnvägsvagnarna kan märkas med RFID-taggar vilket förutom positionering gör det möjligt att se var i tåget vagnen befinner sig och hur den är vänd.[124] Det senare underlättar lastning och lossning. För sjöfarten är fartygen uppkopplade via AIS, vilket i realtid gör det möjligt att lokalisera dem.

Digitaliseringen innebär möjligheter till ett uppkopplat transportsystem, där fordon, gods och infrastruktur kommunicerar med varandra. All den trafikinformationen kan användas till en realtidsstyrning av trafiken. På så vis kan trafikstyrningen förbättras så att trängselsituationer undviks. Trafiksäkerheten kan förbättras och kollisioner undvikas. Med högre grad av automatisering kan även kapaciteten höjas då automatiserade fordon kräver mindre utrymme på grund av att säkerhetsmarginalerna kan reduceras. Transportkedjorna kan effektiviseras genom bättre ruttplanering och sparsam körning. Dessutom kommer allt fler saker att vara uppkopplade vilket leder till en ökad spårbarhet av gods. All information om godset kan genom att optimera volym, vikt, startpunkt, destination med fordonens karaktäristika utnyttjas för att få högre fyllnadsgrader i lastbärare och i fordon. Beräkningar visar att omlastningskostnader för gods är betydande och att de utgör en mycket större andel av den totala transportkostnaden för järnväg och sjöfart, än för vägtransport.[125] Det innebär att det, jämfört med lastbilstransporter, krävs mycket större godsvolymer över längre avstånd för att stordriftsfördelar i transporter med järnväg och sjöfart ska kunna genereras. En ökad digitalisering skapar förutsättningar för att kunna samordna last på för att uppnå större volymer vilket i sin tur möjliggör transporter med på räls eller till sjöss.

Digitalisering med den senaste utvecklingen inom sensorteknik och uppkopplade intelligenta tillgångar betyder att företagen kan spåra nästan vad som helst i realtid. Även om man har kunnat spåra godset sedan en längre tid medger den senaste tekniska utvecklingen stora förbättringar som leder till att tillgångars och resursers produktivitet kan utnyttjas i högre grad i den omvända logistiken samt att flödena kan optimeras genom ruttoptimering i realtid. Den här typen av information underlättar för företagen att fatta beslut om var inköp och produktion ska ske, den ger även en ökad insyn för konsumenterna om produkternas ursprung, samt synliggör var de globala ekonomiska aktiviteterna finns, hur de växer och var riskerna finns. Sammantaget innebär digitaliseringen således stora möjligheter till effektivisering av godstransporterna, vilket allt annat lika innebär att transporterna, och i synnerhet trafiken, kan minska.

Inom sjöfarten pågår en utveckling mot en mer automatiserad och digitaliserad hantering av last till och från fartyg. Redare och hamnar behöver i ökad utsträckning kunna lasta och lossa fartyg med automatiskt styrd utrustning samt kunna hålla kontroll över lasten och sköta kontakter och administration med kunder och myndigheter genom digital teknik.

Teknisk utveckling och innovation i kranteknik tillåter till exempel att containerkranar i dag kan utföra sitt arbete utan bemanning. Detta har möjliggjorts genom sofistikerade optiska system på kranarna för att lokalisera containern, tillsammans med särskild programvara i hamnens IT-baserade styrsystem. Från hamnterminalens kontrollrum övervakas systemen med möjlighet

[124] Trafikverket *Identifiering och positionering av järnvägsfordon (RFID).* www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/trafik/identifiering-och-positionering-av-jarnvagsfordon-rfid
[125] Trafikanalys Rapport 2019:1, *En breddad ekobonus.*

att ta över manuellt om det skulle behövas. De nya systemen möjliggör kraftiga förbättringar i produktivitet och tillförlitlighet i containerhanteringen.[126]

Lasthanteringen i svenska hamnar är idag, än så länge, i liten utsträckning automatiserad. Men det förutspås att inom 50 år kommer det som branschen idag mest beskriver som omvälvande teknik och innovationer att vara brett införd. Denna utveckling kommer att förändra hanteringen av passagerare och last i hamnar. Digitaliseringen kommer sannolikt också att vara en utlösande faktor för effektivitetsförbättringar när det gäller planering av fartygs ankomst, tid i hamn och produktivitetsförbättringar vad avser lastning och lossning.[127]

Utvecklingen mot lastning och lossning i hamnar med hjälp av automatiska, fjärrstyrda kranar och annan utrustning har dock kommit tämligen långt i stora hamnar, till exempel i Asien och Nordamerika. Även om fullt automatiserade hamnar i Europa inte är vanligt är containerhamnen *Maasvlakte 2 i Rotterdam* ett exempel på en långtgående automatisering som sticker ut. Hamnen som öppnade första gången 2013 rymmer två containerterminaler och är en av världens modernaste och tekniskt mest avancerade för hantering av de största containerfartygen i världen. I terminalen som opererar dygnet runt finns automatiskt opererade kranar och automatiska självgående fordon, s.k. AGV. Utrustning och fordon är elektrifierade och hela terminalen drivs av elkraft från turbiner som försörjs av vindkraftverk installerade runt om i Rotterdams hamnområde.[128] Administration och kommunikation mellan parterna är i hög grad digitaliserad. Till exempel sköts tullklarering genom automatisk incheckning och fjärrstyrd scanning av lastbilar med inkommande last. Detta har tillsammans med avancerade planeringsverktyg effektiviserat containerhanteringen avsevärt.[129]

Automatiseringen i hamnarna kommer sannolikt att växa, även om kanske inte alltid med samma fart och i samma omfattning som i Maasvlakte 2. Här är till exempel även kajkranarna (AQC) som lossar fartyget obemannade och fjärrstyrda. Kravet på kostnadskrävande investeringar och utmaningen i att åstadkomma fullt automatiserade hamnanläggningar kommer att kräva tid. Det kan dock komma en tid då automation och hamnaktörers utbyte av realtidsdata kan sammanfalla/kombineras med tillämpning av så kallat *internet of things*, det vill säga ett läge då artificiell intelligens (AI) och prognosverksamhet kan bygga på och utnyttja 'big data' som stäms av med data från utrustning i och omkring hamnen. Utvecklingstakten kommer dock att vara beroende av hamnarnas och deras ägares intresse för att stimulera eller till och med ställa krav om en sådan öppenhet.[130]

Kollektivtrafik och mobilitetstjänster

För kollektivtrafik finns i EU-förordning 1370/2007 en definition som säger att kollektivtrafik är *persontransporttjänster av allmänt ekonomiskt intresse som erbjuds allmänheten fortlöpande och utan diskriminering.* I den svenska lagen om kollektivtrafik (Sfs 2010:1065) hänvisas till EU:s definition. Den svenska lagen innehåller en precisering av "regional kollektivtrafik" som (1) kollektivtrafik som äger rum inom ett län eller (2) om den sträcker sig över flera län, med

[126] TMEIC.com Blaikloick Paul, TMEIC Roanoke, Virginia.
[127] Verhoeven Patrick UNCTAD 2018, *What will shape the port sector in the next 50 years?* 50 years of review of Maritime transport.
[128] Port of Rotterdam, *What can ports learn from digitisation in sectors like food, retail and travel?* www.portofrotterdam.nl https://vimeo.com/259128459
[129] Port of Rotterdam, *State Inspection Terminal* www.portofrotterdam.com/en/doing-business/services/service-range/port-customs/state-inspection-terminal
[130] Verhoeven Patrick UNCTAD 2018, *What will shape the port sector in the next 50 years? 50 years of review of Maritime transport.*

avseende på trafikutbudet huvudsakligen är ägnad att tillgodose resenärernas behov av arbetspendling eller annat vardagsresande.

Kollektivtrafik enligt definitionen ovan finns inom alla fyra trafikslag. År 2017 gjordes det cirka 1,9 miljarder resor med kollektivtrafik[131], exklusive färdtjänst, skolskjuts och sjukresor. 90 procent av resorna gjordes i den trafik som till någon del subventionerades av samhället.

Till kollektivtrafiken kopplas ibland skolskjuts, färd- och riksfärdtjänst samt sjukresor. Definitionsmässigt är inte detta kollektivtrafik då de inte erbjuds allmänheten utan att vissa villkor för resenären är uppfyllda. Ofta är dock framförallt skolskjuts och färdtjänst integrerade i det regionala kollektivtrafikutbudet genom att till exempel tidtabeller anpassas till skolornas start- och sluttider, periodkort anpassas till terminerna och särskilda servicelinjer inrättas där fordonen och linjesträckningen anpassas till behovet för de som har rätt till färdtjänst.

Trafikanalys har i en rapport redovisat hur delningstjänsterna har potential att antingen komplettera eller konkurrera med kollektivtrafiken.[132] Det slutliga resultatet beror förmodligen till stor del på hur delningstjänsterna utformas, hur de hanteras av det offentliga och hur samarbetet ser ut mellan kollektivtrafik och delningstjänstaktörer. En slutsats i rapporten är att de nya transporttjänsterna, och förändringar inom kollektivtrafiken, gör att gränserna mellan samåkning, taxi och kollektivtrafik suddas ut. Om denna trend fortsätter kan man tänka sig att definitionen av kollektivtrafik i framtiden helt enkelt blir ”resande med delade resurser”, oavsett vem som erbjuder resorna. Om så blir fallet kommer det offentliga rimligen ändå ha en roll i att se till att alla dessa aktörer tillsammans bildar ett system som ger tillgänglighet till alla, till ett överkomligt pris. I en sådan framtid är det rimligt att ifrågasätta om det offentliga endast ska subventionera den ”traditionella” kollektivtrafiken, eller om subventioneringen bör utvidgas till att gälla även andra former av delad mobilitet.

På motsvarande sätt som för godstrafiken har kollektivtrafikoperatörerna tillgång till system som ger dem realtidsuppgifter om olika fordons positioner. Den informationen används bland annat till trafikledning, men också till tjänster som resenäraren kan använda för att planera sina resor. Samtliga regionala kollektivtrafikmyndigheter tillhandahåller sådana tjänster. Samtrafiken som ägs av alla regionala kollektivtrafikmyndigheter samt merparten av de kommersiella trafikoperatörerna har utvecklat en reseplanerare för kollektivtrafik över hela landet. Samtrafiken förvaltar också Resplus-tjänsten som gör det möjligt att få hela resan på en biljett även om resan består av flera olika sträckor med olika operatörer.

Samtrafiken har också drivit det nationella biljett- och betalprojektet (BoB) som syftade till att ta fram standarder och gränssnitt som gör det enklare för resenärerna att köpa biljett. Projektet avslutades i slutet av 2016. Applikationer baserade på de standarder och gränssnitt som togs fram finns tillgängliga i flera regioner i landet och utvecklingsarbete pågår i andra regioner.[133]

Under senare år har ett allt större fokus på personresande riktas mot att underlätta sammanhängande resor från start till mål. Denna typ av tjänst går under flera beteckningar. I regeringens samverkansprogram ”Nästa generations resor och transporter”[134] kallas det för kombinerad mobilitet. Ett annat begrepp för detta som används ofta är M*obility as a service*

[131] Uppgifterna inkluderar Trafikanalys statistik om resande inom regional kollektivtrafik inkluderande regional kollektivtrafik, kommersiell linjetrafik på väg, tågtrafik som inte handlats upp av RKM, luftfart och färjetrafik.
[132] Trafikanalys Rapport 2016:15, *Nya tjänster för delad mobilitet.*
[133] Samtrafiken, https://samtrafiken.atlassian.net/wiki/spaces/BOB/pages/812220424/List+of+Participant+IDs+PID+and+known+implementations
[134] Genom samverkan mellan offentliga aktörer, näringslivet och universitet och högskolor ska samverkansprogrammen bidra till att öka nyttan av de investeringar som görs inom FoU.

(Maas), vilket också är det begrepp som används fortsättningsvis. Maas-tjänster inkluderar ofta (alltid) kollektivtrafik men även andra former av färdmedel som tillhandahålls av olika operatörer, som hyrbil, taxi, cykel eller andra tjänster kan vara integrerade i en Maas-tjänst. Maas-tjänsterna baseras på en digital plattform där en leverantör säljer tjänsten till sina kunder

Det nationella kunskapscentrumet för kollektivtrafik K2 definierar Maas enligt följande: *En tjänst som innebär att man i en och samma tjänst knyter samman flera sätt att förflytta sig i staden (till exempel bilpool, buss spårväg, pendeltåg, hyrcykel, privata fordon) samtidigt som man kan erbjuda betalning av samt information om transporterna via ett och samma gränssnitt.*[135]

En modell för att beskriva begreppet finns presenterad i den reviderade färdplanen för Drive Sweden, som är ett av 17 strategiska innovationsprogram och vars syfte är att driva utvecklingen mot ett transportsystem för både människor och gods, baserat på automation, digitalisering och tjänster.

Tabell 2.1. Beskrivning av Maas-nivåer.

Nivå	*Beskrivning*
MaaS Nivå 4 Integration av policy & styrning	Incitament och styrmedel (från det offentliga) integrerat i avtal och tjänsten. Syfte att styra mot stadens/offentligas mål. Villkor för återförsäljning av det offentligas tjänster.
MaaS Nivå 3 Integration av avtal	Erbjuder alternativ till bilägande. Abonnemang eller paketerat. Ansvar för hela tjänsten. Mot både kund och transporttjänsteleverantör. Samlad betalning för alla tjänster. Fokus på hushållens mobilitetsbehov.
MaaS Nivå 2 Integration av bokning/biljett/betalning.	Bokning och betalning av tjänsterna integrerad i en tjänst/app. Inget ansvar för resetjänsterna, men för betalning. Fokus på enskilda resan A till B.
MaaS Nivå 1 Integration av Information.	Tjänsterna integrerade på informationsnivå. (till exempel multimodala reseplanerare). Användare har avtal och relation med olika transporttjänsteleverantörer. Separata betalningslösningar.
MaaS Nivå 0 Ingen Integration	Separata mobilitetstjänster. Användare har avtal och relation med olika transporttjänsteleverantörer. Separata betalningslösningar.

I den omvärldsanalys från vilken definitionen ovan är hämtad konstateras att mobilitetstjänster är något som uppmärksammas mycket, men att det än så länge finns mycket få studier av vilka effekter de haft och än mindre analyser av varför effekterna uppstått. En färdplan för kombinerad mobilitet har tagits fram på uppdrag regeringens samverkansgrupp för Nästa generations resor och transporter.[136] För att stödja framväxten av färdplanen har projektet KOMPIS initierats. Bland annat så samordnar, utvecklar och förvaltar KOMPIS färdplanen för

[135] K2 strategiska case 2018*: Integrerade mobilitetstjänster Omvärldsanalys 4*.
[136] Samverkansprogrammet Nästa generationsresor och transporter, *Kombinerad mobilitet som tjänst i Sverige*. Revision 2 November 2018. https://kompis.me/wp-content/uploads/2019/01/Färdplan-28nov-SWE-low.pdf

kombinerad mobilitet. Andra aktiviteter är att ge stöd till pilotprojekt och sprida information. Två Maas-tjänster har nyligen lanserats, en i Göteborg och en i Stockholm. I Göteborg är det boende i en bostadsrättsförening som erbjuds en tjänst där de får tillgång till cykelpool och bilpool och kan köpa kollektivtrafikbiljetter.[137] I Stockholm erbjuds boende i tre stadsdelar att pröva en tjänst som inkluderar kollektivtrafik, pool- eller hyrbil, taxi och cykel.

Många fordonstillverkare har med stora investeringar på senare år börjat definiera om sin verksamhet från fordonstillverkning till mobilitetsleverantörer, till exempel Ford, General motors och Volkswagen.[138]

Kollektivtrafiken utgör kärnan i de mobilitetstjänster som erbjuds. Mot bakgrund av att utvecklingen av automatiserade fordon kan innebära en överflyttning från kollektivtrafik till personbil, blir det därför viktigt att utveckla Maas-tjänster för att, behålla och attrahera nya resenärer i kollektivtrafiken för att undvika trängsel i städerna.

2.7 Fossilfrihet

Sveriges klimatpåverkande utsläpp (utsläpp av växthusgaser) år 2017 var 52,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Utsläpp från bränsle som tankats i Sverige men använts i utrikes trafik ingår inte i uppgiften ovan, 2017 var dessa utsläpp 10,6 miljoner koldioxidekvivalenter.

Transportsektorn svarar för en tredjedel av utsläppen. Vägtrafiken står för 93 procent av utsläppen av växthusgaser från inrikes trafik.

Tabell 2.2. Inrikes utsläpp av växthusgaser från transportsektorn efter trafikslag, miljoner koldioxidekvivalenter.

Trafikslag	*Koldioxidekvivalenter, miljoner ton*	*Andel, procent*
Järnväg	0,0	0 %
Militär transport	0,2	1 %
Sjöfart	0,3	2 %
Flyg	0,6	3 %
Vägtrafik	15,5	93 %
Totalt	16,6	100 %

Källa: Naturvårdsverket[139]

Som nämndes under avsnittet avgränsningar ovan så kommer denna del fokuseras på de möjligheter uppkoppling, samverkan, automatisering och delning ger för att minska utsläppen av växthusgaser.

[137] ECB.se *De första användarna har loggat in i EC2B-appen* https://ec2b.se/de-forsta-anvandarna-har-loggat-in-i-ec2b-appen

[138] Transportstyrelsen 2018 TSG 2018–2620, *Omvärldsanalys 2040–2070*.

[139] Naturvårdsverket.se, www.naturvardsverket.se/klimatutslapp

Vägtrafik

Enligt tabell 2.2 ovan så uppgår vägtrafikens utsläpp av växthusgaser till 15,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter. En mer specificerad uppdelning på typ av trafik framgår av tabell 2.3 nedan.

Tabell 2.3. Vägtrafikens utsläpp av växthusgaser fördelat på typ av trafik, miljoner koldioxidekvivalenter.

Typ av trafik	*Koldioxidekvivalenter, miljoner ton*	*Andel, procent*
Personbilar	10,4	67 %
Bussar	0,2	1 %
Lätta lastbilar	1,5	10 %
Tunga lastbilar	3,3	21 %
Mopeder och MC	0,1	1 %
Totalt	15,5	100 %

Källa: SCB[140]

Hur utsläppen från vägtrafiken påverkas av uppkoppling, samverkan, automatisering och delning beror på flera faktorer och man behöver beakta när i tiden de olika faktorerna får genomslag. Givetvis påverkar den pågående elektrifieringen av transportsystemet också utsläppen. I Trafikanalys rapport ”Självkörande fordon och transportpolitiska mål” redovisas faktorer som leder till såväl lägre som högre växthusgasutsläpp. Exempel på faktorer som leder till minskade utsläpp är.

- Självkörande fordon kör mer bränslesnålt (tillämpar ”eco-driving”).
- Fordonskolonner kan bildas, vilket minskar luftmotståndet.
- Jämnare trafikflöden, med färre kraftiga inbromsningar och accelerationer, leder till minskad energiintensitet.
- Mer aktiv säkerhet gör att den passiva säkerheten kan bli mindre viktig. Fordonen kan då göras mindre och lättare och därmed bränslesnålare.

Exempel på faktorer som leder till ökade utsläpp är.

- Lägre drivmedelskostnader (på grund av ovan beskrivna energieffektiviseringar) kan orsaka rekyleffekter som leder till ökad trafik.
- Även ökad vägkapacitet (på grund av mindre trängsel, kortare avstånd mellan fordon samt bättre sidopositionering) kan leda till rekyleffekter i form av mer trafik.
- Lägre tidsvärden sänker den generaliserade reskostnaden och därmed motståndet mot långa bilresor. Detta kan i sin tur leda till att människor bosätter sig längre från arbetsplatser och skolor, och därmed pendlar längre med bil.

[140] SCB:s statistikdatabas. Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter efter växthusgas och transportslag. År 1990–2017.
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__NV__NV0101/FDBR07N/?rxid=10d8626f-5c51-4b40-a451-a1f7d7a06413

- I den utsträckning högre hastigheter införs på motorvägar och andra större vägar (vilket möjliggörs tack vare ökad trafiksäkerhet) ökar det tillgängligheten och därmed efterfrågan.
- Nya grupper får tillgång till bil, vilket genererar mer biltrafikarbete.
- Tomkörning av personbilar i samband med ompositionering, exempelvis i samband med parkering ökar biltrafiken.
- Automatiserade fordon kommer också att kräva mer energi för all den information som ska hanteras.

Vissa av de faktorer som listas ovan, till exempel en mer bränslesnål körning, jämnare trafikflöden och lägre bränslekostnader kan få effekt redan vid nivå 2 på SAE-skalan, medan andra, till exempel förändrat boendemönster, kräver åtminstone nivå 4 och effekterna har dessutom en lång tidshorisont. De automatiserade fordonen kommer dock att kräva mer energi för all den information som ska hanteras vilket man också måste ta hänsyn när utvecklingen bedöms. I ovan nämnda rapport görs bedömningen att utsläppen kommer att minska vid låga nivåer av automatisering, men på längre sikt och vid högre nivåer av automatisering kommer det ökade trafikarbetet på väg sannolikt att överskugga effekterna av lägre utsläpp per kilometer.

När automatiseringen nått sådana nivåer att en stor andel av fordonsparken har automatiseringsnivå 4 eller 5 är det mycket möjligt att fordonsparken till allra största delen är elektrifierad och att därmed frågan om utsläpp av växthusgaser från fordonen i vägtrafiken inte lägre är aktuell. Däremot kan mycket väl frågan om fossilfri produktion av batterier och fordon och el för att driva fordonen i högsta grad vara aktuell även då.

Utvecklingen mot ett mer transporteffektivt samhälle kan påverkas av en förändrad konkurrenssituation mellan trafikslagen. Vägtrafiken väntas gynnas mer av automatiseringen än övriga trafikslag eftersom personalkostnadernas andel per transporterad enhet normalt är högre. I en beräkning Trafikanalys gjort med underlag från Samgods har kostnads-minskningarna för att transportera 490 ton[141] gods 60 mil med lastbil respektive järnväg jämförts. I beräkningen har bara personalkostnaderna för transporten tagits med och beräkningen visar att kostnaderna för lastbilstransporterna skulle minska med 25 procent för lastbilstransporterna och med 10 procent för järnvägstransporten. I exemplet har ingen hänsyn tagits till att fjärrstyrning kan behövas för lastbilarna vilket kommer att minska kostnadsbesparingen. Å andra sidan kan andra kostnadskomponenter påverkas relativt mer positivt för lastbilstransporter jämfört med järnvägstransporter, till exempel minskade bränslekostnader till följd av mer ekonomisk körning och ”platooning”, sänkta försäkrings-kostnader tack vare färre olyckor och ett mer effektivt utnyttjande av fordon då restriktioner till följd av kör- och vilotider elimineras. Hur kostnaderna för lastbilarna påverkas är osäkert. Den tekniska utrustningen kommer att öka kostnaderna men samtidigt kommer ingen förarhytt krävas. En studie från universitet i Leeds visar att den totala ägandekostnaden för fullt automatiserade lastbilar kommer att minska kostnaderna med mellan 15 och 23 procent beroende på typ av lastbil jämfört med motsvarade existerande fordonstyper.[142]

[141] 490 ton har valts eftersom det motsvarar medellastvikten nettoton för en järnvägstransport 1996 se KTH Järnvägsgruppen Rapport 0504, *Effektiva tågsystem för godstransporter – en systemstudie*. www.kth.se/polopoly_fs/1.87119.1550154619!/Menu/general/column-content/attachment/0504_sammanf.pdf
[142] Wadud, Zia 2017 Transportation Research Part A 101 (2017), *Fully automated vehicles: A cost of ownership analysis to inform early adoption.*

Andra viktiga faktorer som påverkar utvecklingen är hur delningsekonomin utvecklas och vilka affärsmodeller som kommer tillämpas avseende de automatiserade fordonen.

I kapitel 5 redogörs för de styrmedel Trafikanalys anser vara i störst behov av översyn för att på bästa sätt hantera de utmaningar och möjligheter automatisering inklusive uppkoppling och samverkan kan leda till.

Övriga trafikslag

För övriga trafikslag bedömer Trafikanalys att effekterna beroende på uppkoppling, samverkan, automatisering och delning i första hand kommer att avse ambitionerna om ett mer transporteffektivt samhälle. Digitaliseringen kan till exempel medföra en möjlighet att samordna laster på ett sätt som möjliggör konkurrenskraftiga volymer gods som ska transporteras längre sträckor.

Digitaliseringen möjliggör också mer effektiv framdrivning av fordon och farkoster där hänsyn till exempel kan tas till topografin för järnvägstrafiken och väder för sjöfart och luftfart. Vidare möjliggörs en effektivare trafikstyrning så att till exempel köer och väntetider kan undvikas.

Något scenario där digitaliseringen skulle kunna bidra till ökade utsläpp av växthusgaser som en följd av uppkoppling, samverkan, automatisering och delning har vi inte kunnat identifiera.

3 Utveckling i förhållande till de transportpolitiska målen

Trafikanalys ska enligt uppdraget utreda vilka effekter som kan väntas när det gäller de transportpolitiska målen och andra relevanta mål. Som andra relevanta mål har EU 2020-målen, målen för Agenda 2030 samt den svenska klimatlagen tolkats. Trafikanalys bedömning är att de transportpolitiska målen täcker dessa andra relevanta mål.

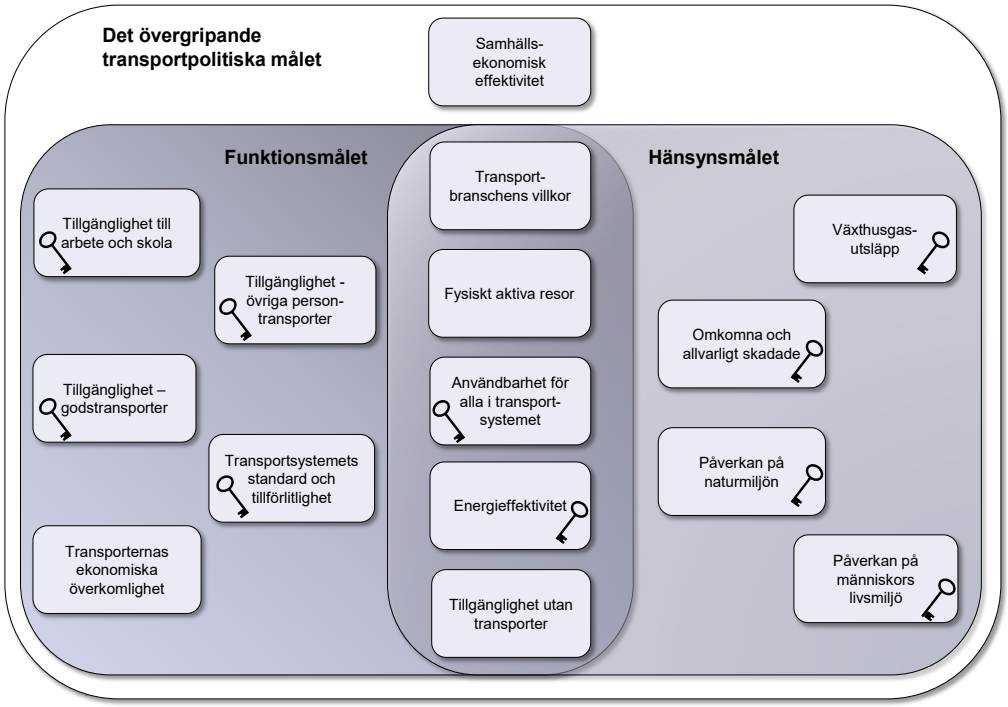
Redovisningen utgår från de nuvarande transportpolitiska målen men det är inte givet att dessa är helt relevanta i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon.

Inledningsvis beskrivs transportpolitiska målen följt av scenarier som beskriver en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system. Slutligen redovisas Trafikanalys bedömning av vilken effekt utvecklingen får på de transportpolitiska målen.

3.1 De transportpolitiska målen

De transportpolitiska målen består av ett övergripande mål vilket är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet. Det övergripande målet kompletteras med ett funktionsmål och hänsynsmål. Funktionsmålet handlar om att tillgängligheten ska utvecklas för medborgare och näringslivet. Hänsynsmålet beskriver hur transportsystemet ska utvecklas med avseende på trafiksäkerhet, miljö och hälsa. Uppföljningen av målen sker av Trafikanalys genom 15 indikatorer varav 10 bedöms som särskilt viktiga, så kallade nyckelindikatorer. Uppföljningen av de 15 indikatorerna sker genom ett eller flera mått, vissa av dessa mått har bedömts som särskilt viktiga och kallas nyckelmått. För att få en rimlig överblick hur uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system påverkar målen har bedömningen gjorts baserat på nyckelmåtten för nyckelindikatorerna samt det övergripande målet om samhällsekonomisk effektivitet.

Att fånga utvecklingen med hjälp av uppföljningsbara mått innebär att många nyanser i utvecklingen inte täcks. Att sedan bara redovisa nyckelindikatorer och nyckelmått innebär givetvis att vissa dimensioner av måluppföljningen inte kommer med.



Figur 3.1. Indikatorer för uppföljning av de transportpolitiska målen.
Källa: Trafikanalys

3.2 Scenarier för utvecklingen

I detta avsnitt presenteras tre studier som beskriver hur en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon kan te sig. De tre studierna är; scenariobeskrivningar som togs fram till utredningen om självkörande fordon, en dansk utredning om digitaliseringens effekter på transportsystemet, det scenario Sweco tog fram som underlag för deras arbete om analys- och prognosmodeller i framtiden.

Till utredningen om självkörande fordon togs fyra scenarier för utvecklingen fram för att användas för bedömning av de långsiktiga samhällsekonomiska nyttorna av självkörande fordon på väg.[143] Scenarierna baserades på utvecklingar som bedömdes säkra och denna säkra utveckling kombinerades med de två osäkra utvecklingar som bedömdes ha störst påverkan på utvecklingen av självkörande bilar.

De säkra utvecklingarna delades in i sex kategorier; teknik, politik och samhälle, stadsliv, demografi och livsstil, nya affärsmodeller samt trafik och transporter. Som exempel på de utvecklingar som bedömdes säkra var en fortsatt hög teknikutveckling, tilltagande urbanisering, skifte från fokus på produkt till lösning, internationell standardisering samt fortsatt starkt fokus på trafiksäkerhet.

[143] Kristoffersen Ida, Pernestål Brenden Anna, Mattsson Lars-Göran (2018), *Framtidsscenarier för självkörande fordon på väg Samhällseffekter 2030 med utblick mot 2050* Bilaga 3 SoU 2018:16.

De osäkra axlarna är,

– om människor har omfamnat delningsekonomin eller inte (konsumtion av tjänster snarare än ägande) och i vilken mån detta återspeglar sig i de mobilitetslösningar som har slagit igenom och

– om de ambitiösa mål som politik och institutioner har för att förändra samhället också åtföljs av nya lösningar och tänkanden eller om det mesta fortsätter att göras inom ramen för dagens strukturer (såväl svenska om internationella).

Baserat på den säkra utvecklingen och ett scenariokors av de två osäkra utvecklingarna identifierades fyra scenarier.

1. Same, same, but different – Ett scenario där samhällsbyggnadspolitiken är proaktiv och nytänkande, men människor inte har anammat nya delade lösningar.

2. Sharing is the new black – Ett scenario där samhällsbyggnadspolitiken är proaktiv och nytänkande och människor har anammat nya delade lösningar.

3. Follow the path – Ett business-as-usual-scenario där samhällsbyggnadspolitiken är ambitiös men långsam och människor inte har anammat nya delade lösningar.

4. What you need is what you get – Ett scenario där samhällsbyggnadspolitiken är ambitiös men långsam, men människor har anammat nya delade lösningar.

De experter som deltog i arbetet fick göra en bedömning av trafikarbetets utveckling i de olika scenarierna för år 2030 respektive år 2050. Det scenario där delning anammats i kombination med en proaktiv och nytänkande samhällsbyggnadspolitik bedömdes få det lägsta trafikarbetet såväl 2030 som 2050 följt av scenariot där delning anammats i kombination med en ambitiös men långsam samhällsbyggnadspolitik. I alla scenarier bedömdes att trafikarbetet kommer att öka jämfört med dagens nivå samt att delade självkörande bilar är en viktig faktor för att begränsa denna ökning.

Den danska regeringen tillsatte 2017 en expertgrupp som skulle studera digitaliseringens effekter på det danska transportsystemet för att få underlag för transportpolitiska beslut de kommande 5–10 åren.[144] I expertgruppen ingick personer från akademien och konsultföretag. Expertgruppens uppdrag sammanfattades i tre punkter,

- att ge en översikt över de viktigaste tekniska drivkrafterna och samhällstrenderna inom transportområdet,
- beskriva hur drivkrafter och sociala trender påverkar efterfrågan och utbud av mobilitet baserat på befintlig kunskap, och
- bedöma hur snabbt förändringarna kommer att äga rum.

Studien redovisar effekter för trafiken i fyra kategorier; mellan städer, inom de fyra största städerna, tätorterna omkring de största städerna samt på landsbygden. Några av de huvudsakliga slutsatserna redovisas nedan. Till följd av ökat välstånd och befolkningstillväxt, bedöms biltrafiken öka vilket i kombination med urbaniseringen kommer att leda till markant mer trängsel i och kring de större städerna. Automatiseringen kommer att göra bilen mer attraktiv och minska efterfrågan på kollektivtrafik. Även för järnvägstrafiken väntas ökad efterfrågan på de sträckor som idag har störst belastning. I mindre städer och på landsbygden förväntas ingen trängsel och på längre sikt kan självkörande fordon öka tillgängligheten

[144] Transport-, Bygnings- og Boligministeriet 2018, *Avrapportering Ekspertgruppen Mobilitet for fremtiden.*

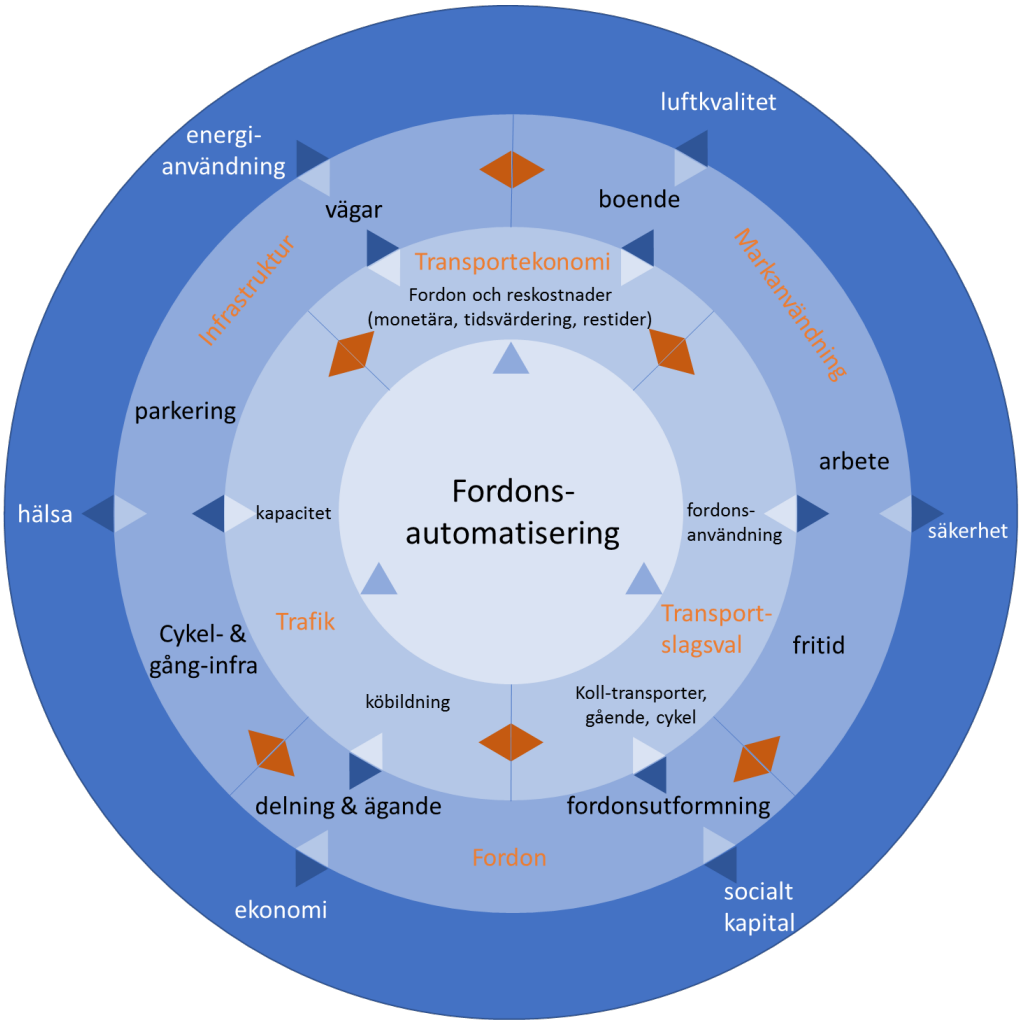
genom att erbjuda kostnadseffektiva lösningar för dörr till dörr-transporter vilket minskar efterfrågan på kollektivtrafik. Studien pekar vidare på att de finns en stor orealiserad potential i att utnyttja det befintliga transportsystemet effektivare genom bättre trafikstyrning och att det är oklart om detta beror på organisatoriska barriärer eller att den effektivisering som kan ske inte synliggörs. De betonar också de möjligheter digitaliseringen ger till en effektivare prissättning av trafiken som speglar de samhällsekonomiska kostnaderna. De bedömer också att lastbilstrafiken kommer att öka till följd av minskade förarkostnader och ökande e-handel. Mer förarstöd i bilarna och samverkan mellan dem förväntas leda till färre olyckor. De skriver också att det kommer att dröja länge innan förarlösa fordon blir vanliga, men att det är en stor osäkerhet i bedömningen.

Sweco AB har till detta uppdrag bidragit med en underlagsrapport om analys- och modellverktyg i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon.[145] I rapporten presenteras ett scenario med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon. Scenariot baseras på litteraturstudier, intervjuer och projektgruppens samlade erfarenheter. Ett samhälle med fler och mer självkörande och uppkopplade fordon kan förväntas innebära en större flexibilitet i hur fordonen används. Ett självkörande fordon kan antingen vara helt självkörande eller delvis självkörande. Under en övergångsperiod kommer manuellt framförda och automatiserade fordon finns tillgängliga. Ett automatiserat fordon kan antingen ägas av användaren eller användas via en tjänst som erbjuds av företag som tillhandahåller flottor av självkörande fordon. För de som investerar i egna självkörande fordon kan fordonet till exempel användas av flera familjemedlemmar för olika ärenden vid olika tidpunkter mellan olika platser. Fordonet kan köra själv mellan olika uppdrag i familjen.

Ett helt självkörande fordon kräver ingen förare, vilket möjliggör att utnyttja tiden för annat än körning. I Swecos studie framhålls vidare att användning av ett helt självkörande fordon inte heller kräver körkort, vilket innebär att även personer utan körkort kan använda fordonet. Idag utnyttjar personer utan tillgång till bil kollektivtrafik, gång och cykel i stor utsträckning. Man kan därför förvänta sig att en ökad tillgänglighet av transportmöjligheter kommer att leda till att fler personer än idag väljer att resa med (självkörande) bil då man kan förvänta sig att användningen av självkörande fordon inte kommer att kräva körkort samt att kostnaderna dessutom förväntas vara lägre än för manuellt framförda fordon.

Milakis et al. (2017) diskuterar vilka effekter som automatiska fordon kan komma att ge upphov till, baserat på en omfattande litteraturstudie. Effekterna delas in i tre nivåer: första ordningens effekter (transportekonomi, köbildning, fordonsanvändning), andra ordningens effekter (markanvändning, infrastruktur), och tredje ordningens effekter (energianvändning, luftkvalitet, social rättvisa). En konceptuell skiss över de tre effektnivåerna och hur de knyter an till varandra visas i figur 3.2 nedan.

[145] Sweco 2019, *Analys- och modellverktyg i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, Utr 2018/39*.



Figur 3.2. Relationer mellan fordonsautomatisering, transportsystem och samhälle (anpassad av Sweco (2019)[146] efter Milakis et al. (2017)[147]).

Mycket arbete har lagts ner på att studera hur kapaciteten i transportsystemet skulle påverkas. Det finns faktorer som reducerar kapaciteten och faktorer som ökar den. Exempel på reducerande faktorer är säkerhetsaspekter och regelefterlevnad. Ökande faktorer är till exempel snabbare reaktioner vid trafiksignaler och mer följsam körning. En förväntad effekt är som nämnts att trafikarbetet ökar på grund av den ökade tillgängligheten och nya transportmöjligheter, vilket ökar trängseln. Efter en övergångsperiod när självkörande fordon kommer in i systemet och successivt blir alltfler kommer styrsystemen att utvecklas så att de allt bättre kan utnyttja den potential som finns. Det förutsätter att man kan verifiera att fordonen är uppkopplade och kommunicerar effektivt med varandra och med lednings-centralen. Potentiellt kan kapaciteten då ökas genom att säkerhetsavstånden reduceras för att höja kapaciteten – man litar på att fordonssystemens reaktionstid är kort nog. Vidare kan kapaciteten höjas väsentligt om vi med effektiva algoritmer kan tillse att fordonen samverkar

[146] Sweco (2019), *Analys- och modellverktyg i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, Utr 2018/39*.
[147] Milakis, D., van Arem, B., & van Wee, B. (2017), Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transport Systems, 21*(4), *324-348. doi:10.1080/15472450.2017.1291351.*

vid flaskhalsar. Det gäller vid körfältsbyten/vävningar vid påfarter, avfarter och vid avsmalningar från multipla körfält till färre.

En annan kapacitetsaspekt är att filbredder och vägrensytor förväntas kunna hållas nere, då uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon förväntas hålla både kortare avstånd mellan fordonen och ha bättre precision i sin (sido-)positionering. Detta, tillsammans med ett minskat parkeringsbehov i städerna centrum, frigör mark, antingen till mer plats åt gång- och cykelinfrastruktur, åt kollektivtrafik eller för andra ändamål. Kollektivtrafikens kapacitet kan ytterligare ökas genom kolonnkörning i kollektivtrafikfält.[148]

Ett mer uppkopplat, samverkande och automatiserat transportsystem leder till en större sårbarhet för störningar i systemet, se kapitel 4 ovan. Exempel på störningar kan vara manipulation i fordonens styrsystem och sensorer i den fysiska omgivningen, störda GNSS-signaler/system och mjukvarustörningar. Datorsystem kan ha svårare än människor att hantera störningar i transportsystemet.

Då utvecklingen kring självkörande fordon är osäker, leder det till ett större behov av att hantera osäkerheter på ett mer systematiskt sätt, vilket både poängteras av svenska och amerikanska forskare.[149]

3.3 Effekter på de transportpolitiska målen

Nedan följer en bedömning av hur det övergripande transportpolitiska målet respektive funktions- och hänsynsmålen påverkas av en framtid med fler uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon. Som underlag för bedömningen har till största del Trafikanalys rapport ”Självkörande fordon och transportpolitiska mål” använts samt de studier som redovisades tidigare i detta kapitel.

Givetvis påverkas utvecklingen av vilka styrmedel som används i framtiden, och i de fall utvecklingen pekar i oönskad riktning är det viktigt att rikta styrmedel som styr utvecklingen åt rätt håll. Vidare ska bedömningen tolkas med viss försiktighet då bedömningarna i många fall är svåra att göra. Till exempel gäller det hur det ökade trafikarbetet till följd av automatiseringen påverkar klimatet där hänsyn behöver tas till om automatiseringens effekter kommer före den förväntade elektrifieringen av transportsystemet.

Transportpolitikens övergripande mål

Om internaliseringsgraden är 100 procent är alla beräknade externa kostnader internaliserade, det vill säga att transporterna bär sina kostnader fullt ut. Om internaliserings-graden är under 100 procent så kostar transporterna mindre i förhållande till de externa effekter de ger upphov till.

Många faktorer påverkar internaliseringsgraderna och för en utförlig redovisning hänvisas till Trafikanalys rapport 2019:4, Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader. Kortfattat kan

[148] Trafikanalys Rapport 2017:20, *Självkörande fordon och transportpolitiska mål.*
[149] Johan Olstam VTI samt Linköpings Universitet*, intervju genomförd av Sweco 2019-03-26.*
Zmud, J., Williams, T., Outwate, M., Bradley, M., Kalra, N., & Row, S. (2018a), *Updating Regional Transportation Planning and Modeling Tools to Address Impacts of Connected and Automated Vehicles - Volume 1: Executive Summary*. Washington, DC: *Transportation Research Board, NCHRP*.

dock sägas att internaliseringsgraderna för många typer av transporter har ökat över tiden sedan målen antogs, men bilden är inte enhetlig.

Huruvida utvecklingen med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon i sig leder till att internaliseringen ökar eller minskar vågar Trafikanalys inte bedöma. När det gäller vägtrafik har ovan redovisats effekter som färre olyckor, mjukare körning och bättre flyt i trafiken vilket innebär en minskning av transporternas marginalkostnader. Å andra sidan finns det effekter i form av ökad trängsel och slitage som leder i andra riktningen. Klart är dock att framtida värdering av koldioxid och grad av elektrifiering av fordonsparken är faktorer som var för sig har större betydelse för internaliseringsgraden än automatisering, uppkoppling och samverkan. Härtill vet vi att uppkopplingen medför möjligheter att ta fram uppgifter om fordons, flygplans och fartygs användning som bättre än nu kan kopplas till deras marginalkostnader och därmed gör det tekniskt möjligt med mer precisa avgifter vilket i sin tur innebär att över- respektive underinternalisering lättare kan undvikas.

Funktionsmålet

Av figur 3.1 ovan framgår att Trafikanalys uppföljning av funktionsmålet idag sker med fem nyckelindikatorer; transportsystemets standard och tillförlitlighet, tillgänglighet till arbete och skola, tillgänglighet övriga persontransport, tillgänglighet godstransporter och användbarhet för alla i transportsystemet.

För att följa upp indikatorn **transportsystemets standard och tillförlitlighet** används två nyckelmått; varaktigheten i totalstopp i vägnätet och punktligheten på järnväg.

En avgörande fråga, som diskuteras vidare i kapitel 4 är hur samhället lyckas hantera risk- och sårbarhetsfrågorna. Ett sätt att generellt beskriva störningar i vägtransportsystemet är att utgå från kännbarheten, det vill säga varaktigheten på de totalstopp som sker i vägnätet. Uppkoppling, samverkan och automatisering bedöms ha förutsättningar att minska antalet totalstopp på enskilda länkar eftersom antalet olyckor förmodligen minskar. Effekterna av sådana totalstopp bedöms också minska genom att utvecklingen ger förutsättningar för en bättre trafikledning som kan leda trafiken förbi olyckorna på ett effektivare sätt. Samtidigt kan riskerna för fatala störningar öka. Om vägtrafikstyrning slås ut i ett område uppstår en mycket omfattande störning som saknar sitt motstycke idag, men som möjligen kan liknas vid den störning som uppkommer vid plötsligt och mycket omfattande snöfall i ett område.

Persontågens punktlighet (andel tåg i tid) och regularitet (andel tåg som framförts) fångas upp i det sammanvägda tillförlitlighetsmåttet (STM). STM redovisar andelen av de tåg som var planerade dagen innan avgång, som ankommit till slutstation i tid. Införandet av ett nytt signalsystem bedöms innebära en positiv utveckling avseende tågens punktlighet.

Indikatorn **tillgänglighet till arbete och skola** följs för närvarande upp med tre nyckelmått; tillgänglighet till grundskola, antal lokala arbetsmarknadsregioner och viktad tillgänglighet till arbete och skola.

Tillgängligheten till grundskola mäts som andelen av befolkningen som har 10 respektive 20 minuters promenad till närmaste grundskola. Detta mått bedöms påverkas mest av automatiserade fordon. En möjlig utveckling är att automatiseringen leder till en större acceptans för längre restider då man inte behöver koncentrera sig på körningen. Det i sin tur kan leda till en mer utglesad bebyggelse vilket kommer att leda till att andelen av befolkningen som får längre än 10 respektive 20 minuters promenadavstånd till skolan ökar. En möjlig utveckling är att utglesningen i boendet leder till en sämre tillgänglighet.

En lokal arbetsmarknadsregion (LA-region) kan förenklat sägas vara ett område inom vilken arbetspendling äger rum. I takt med att pendlingsmöjligheterna förbättras och arbetsmarknaderna specialiserats alltmer har LA-regionerna vuxit i storlek och minskat i antal. En ökad uppkoppling, samverkan och automatisering kommer att underlätta ett ökat arbetspendlande. Det i sin tur leder till längre arbetsresor och större LA-regioner

Automatiseringen medför att grupper som idag inte har tillgång till bil kan få det och därför kan man förvänta sig att tillgängligheten kommer att öka.

För att följa upp indikatorn **tillgänglighet – övriga persontransporter** används tre nyckelmått; Kommuner med god lokal tillgänglighet, Kommuner med god eller acceptabel interregional tillgänglighet enligt trafikverkets kriterier och viktad tillgänglighet för övriga persontransporter.

På lokal nivå följs tillgänglighetsförändringar upp i form av andelen av kommunens befolkning som bor inom 1 000 meter i vägnätet till tre typer av servicepunkter; livsmedelsbutik, grundskola och vårdcentral. Denna information aggregeras därefter till ett tillgänglighetsindex. Tillgängligheten till service av olika slag är högst i storstäder och dess förorter. I glesbygdskommuner är tillgängligheten betydligt lägre. Generellt tycks kommuner i skogslänen ha relativt sett sämre tillgänglighet, med undantag av kommuner som innefattar en stad. En möjlig påverkan av i första hand automatiserade fordon är att uppoffringen att resa längre sträckor minskar vilket i sin tur kan medföra ett mer utspritt boende och därmed leda bort från målet.

Trafikverket gör tillgänglighetsanalyser för att identifiera brister i grundläggande tillgänglighet för interregionala resor.[150] Tillgänglighetsanalysen är underlag för beslut om trafikavtal för tåg, buss och flyg. Trafikverket har valt att tolka och kvantifiera grundläggande tillgänglighet genom kriterier för åtta typer av resor. I kriterierna ställs krav på restid, ankomsttid, vistelsetid etcetera. För varje kriterium finns tre nivåer; god, acceptabel och dålig tillgänglighet. De åtta kriterierna mäter tillgänglighet enligt följande; till Stockholm, från Stockholm, internationella resor, storstäder, region/universitetssjukhus, universitet och högskolor, andra större orter samt besöksnäring. Hur uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon farkoster och system påverkar tillgängligheten är oklart. En effekt av ett mer utspritt boende till följd av automatisering är att anslutningsresor till flygplatser eller järnvägsstationer kan ta längre tid, vilket skulle minska tillgängligheten. Uppkoppling skulle kunna innebära mindre störningar och att konsekvenserna av eventuella störningar lindras. Sammantaget är Trafikanalys bedömning att det inte går att avgöra hur detta mått påverkas.

Tillgängligheten för regionala och långväga inrikes resor har beräknats för olika kommungrupper. I folkrika kommuner är tillgängligheten generellt sett högre både för regionala resor och långväga inrikes resor. Variationen är låg över reseärenden (arbetsresor, tjänsteresor och övriga resor) inom respektive kommungrupp. Däremot varierar tillgängligheten mellan grupperna. Automatiseringen bedöms öka tillgängligheten något då grupper som idag inte har tillgång till bil kan få det.

Två nyckelmått används för att mäta indikatorn **tillgänglighet – godstransporter**, dessa är GCI (Global Competitiveness Index) och LPI (Logistics Performance Index)

För att spegla hur kvaliteten i det svenska transportsystemet per trafikslag i bred mening står sig i förhållande till andra länder används The Global Competitiveness Index (GCI).

[150] Trafikverket Rapport 2016-01-21, *Nationell behovsanalys*. www.trafikverket.se/contentassets/a63eef605b3644caad0758ca6dbb346a/rapport_nationell_behovsanalys_160121.pdf

Indexvärdet sträcker sig mellan värdena 1 och 7, ju högre desto bättre. Indexvärdena baseras på administrativa data för respektive land och på en årlig enkätundersökning som skickas till cirka 14 000 företagsledare i drygt 140 länder. GCI består av 12 pelare som anses speciellt betydelsefulla som drivkrafter till produktivitet och konkurrenskraft. Infrastrukturpelaren består enligt den senaste undersökningen av nio mått. Fyra av dem bedöms relevanta för en transportpolitisk måluppföljning (väginfrastrukturens, järnvägsinfrastrukturens, hamn-infrastrukturens och flyginfrastrukturens kvalitet). Att en ökad uppkoppling, samverkan och automatisering skulle förbättra indexets absoluta nivå är högst troligt. Det behöver dock inte betyda en relativ förbättring jämfört med andra länder då man kan förmoda att även deras transportsystem förbättras av denna utveckling.

För att jämföra hur tillförlitligt det svenska transportsystemet är i konkurrens med andra länder används Logistic Performance Index (LPI).[151] LPI tas fram genom ett samarbete mellan Världsbanken, logistikföretag och vetenskapliga institutioner. Fokus ligger på logistikens roll för konkurrenskraft samt på hur olika länder kan arbeta proaktivt med logistikfrågor. I undersökningen görs en kvalitativ bedömning (1 till 5) av ett lands logistikförutsättningar, utifrån sex olika aspekter (hur effektiv tullklareringsprocessen är, kvaliteten på handels- och transportrelaterad infrastruktur, hur lätt det är att ordna en frakt som är prismässigt konkurrenskraftig, kompetens och kvalitet på logistiktjänster, möjligheten att följa och spåra sändningar samt med vilken frekvens sändningarna anländer till kunden inom planerad eller förväntad tid). På samma sätt som för GCI bedöms en ökad digitalisering förbättra indexets absoluta värde vilket dock inte behöver innebära en relativ förbättring jämfört med andra länder. Samtidigt kan minskade logistikkostnader särskilt gynna Sverige som ligger förhållandevis perifert och är än mer transportberoende än många andra länder.

Den femte och sista nyckelindikatorn som används för att följa upp tillgänglighetsmålet är **användbarhet för alla i transportsystemet.** För uppföljningen används fem nyckelmått; tillgänglighet för personer med funktionsnedsättning, mäns och kvinnors resmönster, inflytande i beslutsprocessen, objektiv trygghet och subjektiv trygghet

Av måluppföljningen 2019 framgår att det i dagsläget inte finns en variabel som kan användas för att mäta tillgängligheten för personer med funktionshinder. Oavsett hur detta mäts i framtiden kommer uppkopplingen innebära större möjligheter till förbättrad information och automatiseringen skapar förutsättningar för en ökad anpassning till enskildas behov avseende spontana resor och därför gör Trafikanalys bedömningen att måluppfyllelsen kommer att förbättras.

Det finns skillnader mellan kvinnors och mäns resmönster. De visar bland annat att kvinnor har mer komplexa resmönster än män och att män kör mer bil än kvinnor. I Trafikanalys rapport ”Självkörande fordon och transportpolitiska mål”[152] finns ett resonemang om hur självkörande fordon skulle kunna påverka kvinnor och mäns resmönster. En högre andel män har möjlighet att arbeta under resan och det är tänkbart att män kommer att ha större nytta av den tid som kan tänkas frigöras vid resande med automatiserade fordon. Om detta skulle hända skulle således utvecklingen av en ökad grad av automatisering innebära en negativ påverkan på måttet.

Eftersom det finns skillnader mellan mäns och kvinnors resmönster är det viktigt att fånga upp både mäns och kvinnors erfarenheter i de beslutsprocesser som styr transportsystemets utveckling. Bland annat är det viktigt att i transportsystemets beslutande församlingar ha en

[151] Världsbanken, *LPI home* lpi.worldbank.org/
[152] Trafikanalys Rapport 2017:20, *Självkörande fordon och transportpolitiska mål*.

jämn representation av män och kvinnor. Enligt Trafikanalys bedömning påverkar dock inte en ökad uppkoppling, samverkan eller automatisering detta mått.

Måttet objektiv trygghet följs upp genom Brottsförebyggande rådets nationella trygghets-undersökning (NTU) genom antalet brott som inträffar i allmänna kommunikationer.[153] Antalet inträffade brott omfattar både sådana som anmälts till polisen och sådana som inte har anmälts. En ökad automatisering medför möjligheter till förarlösa fordon inom kollektivtrafiken vilket förmodligen skulle leda till fler brott, men dagens chaufförer kanske ersätts av andra personalkategorier vilket gör att det inte går att bedöma hur utvecklingen för detta mått blir.

Även den subjektiva tryggheten skattas med NTU. I ett underlag till Utredningen ”Vägen till självkörande fordon” studerades nyttor och kostnader för självkörande fordon på väg.[154] Där identifierades en otrygghetskänsla med förarlösa fordon som en kostnad. Under förutsättning att de möjligheter till personalminskningar som automatiseringen möjliggör i kollektivtrafiken inte kompenseras med annan personal kan den upplevda tryggheten minska. Med ny teknik kan den objektiva tryggheten öka samtidigt som resenären upplever en ökad subjektiv otrygghet. Å andra sidan skulle helt förarlösa taxibilar kunna upplevs som tryggare för kvinnor. Idag finns flera taxibolag där man kan boka körning med en kvinnlig chaufför och i linje med det kan en förarlös taxi upplevas som tryggare än en taxi som körs av en man.

Hänsynsmålet

För att följa upp hänsynsmålet används fem nyckelindikatorer; energieffektivitet, växthus-gasutsläpp, påverkan på naturmiljön, påverkan på människors livsmiljö, omkomna och allvarligt skadade.

En av de viktigaste sakerna som kan göras för att minska transporternas miljöpåverkan är att öka transportsystemets **energieffektivitet,** två nyckelmått används till uppföljningen; energi-effektivitet i transportarbetet och utsläpp av växthusgaser per trafikslag.

Transportsystemets energieffektivitet kan ökas på flera olika sätt. Antingen genom effektiviseringar inom respektive trafikslag, genom att fordonen blir mer energieffektiva, eller kan framföras på ett effektivare sätt (till exempel genom rakare flygvägar), eller genom överflyttningar från mindre energieffektiva trafikslag till mer energieffektiva. Dessutom kan energieffektivisering uppnås genom att samhället planeras och utvecklas på ett sådant sätt att trafikarbetet kan minska utan att tillgängligheten försämras, exempelvis genom en god kollektivtrafikförsörjning där det finns tillräckligt underlag, eller genom att tillgängligheten tillgodoses utan resor eller transporter. Att uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon kan medföra ett mer energieffektivt transportsystem finns flera exempel på. Ett sådan är ”platooning” som sänker luftmotståndet för fordonen bakom det första, effektivare trafik-styrning med minskade köer är ett annat exempel. I den strategi för samverkande intelligenta transportsystem som Europeiska kommissionen presenterade i november 2016[155] betonar de i inledningen den digitala teknikens möjligheter att göra transporterna mer säkra, effektiva och hållbara. Det finns dock utvecklingar som pekar i en annan riktning. Förarlösa lastbilar, bussar och taxis innebär stora kostnadsbesparingar för dessa branscher vilket stärker vägtrafikens konkurrenskraft gentemot övriga trafikslag. Det kan leda till att en större del av transporterna utförs av mindre energieffektiva fordon. Med beaktande av att två tydliga utvecklingar pekar åt

---

[153] Brå Rapport 2019:1, *Nationella trygghetsundersökningen 2018.*
[154] SOU 2018:16, Vägen till självkörande fordon Bilaga 4. Peter Anderson och Pernilla Ivehammar *Nyttor och kostnader för självkörande fordon på väg.*
[155] Europeiska kommissionen COM(2016) 766 Final, *En europeisk strategi för samverkande intelligenta transportsystem, en milstolpe mot samverkande, uppkopplad och automatiserad rörlighet*.

olika gör Trafikanalys ingen bedömning utan konstaterar att det är osäkert hur uppkopplade, samverkande och automatiserade påverkar detta mått.

Vägtrafiken svarar för över 90 procent av **utsläppen av växthusgaser** från inrikes transporter och därför är också utvecklingen av vägtrafikens utsläpp en tungt vägande faktor hur detta mått påverkas. Vid låga automationsnivåer (eller om fordonen är manuella men uppkopplade) kommer troligen minskningen av utsläpp per fordonskilometer vara den dominerande effekten. När fordonen blir självkörande kommer dock den ökade tillgängligheten till bil, och direkta och indirekta rekyleffekter, göra att ökat trafikarbete överskuggar klimateffekten av lägre utsläpp per kilometer. Detta gäller under förutsättning att de självkörande fordonen drivs med bränslen som ger upphov till klimatpåverkande utsläpp. Om fordonen istället är elektrifierade har trafikvolymerna inte samma betydelse för klimatpåverkan (särskilt inte om elproduktionen är fossilfri).

Indikatorn **påverkan på naturmiljön** följs upp av ett nyckelmått landskapsanpassad infrastruktur. Måttet ska omfatta säkra passagemöjligheter för djur, frånvaro av bullerstörningar i ekologiskt viktiga naturmiljöer, bevarande av biotoper samt bekämpning av invasiva arter. Hur en utveckling av uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system kommer att påverka detta mått går i nuläget inte att säga mer än att påverkan förmodligen kommer att vara mycket begränsad inom överskådlig tid.

För att följa upp indikatorn **påverkan på människors livsmiljö** används tre nyckelmått; Utsatta för trafikbuller, Kvävedioxid i luft och Partiklar i gaturum ($PM_{2,5}$ och PM_{10}).

Uppskattningar visar att nästan 20 procent av befolkningen (motsvarande två miljoner personer), är utsatta för trafikbuller där den dygnsekvivalenta ljudnivån utomhus vid fasad överstiger riktvärdet 55 dBA. Vägtrafik är den klart dominerande källan följt av spårtrafik och flygtrafik. Antalet personer som exponeras för buller från trafik beräknas öka i och med att befolkningen växer och allt fler bosätter sig i tätorter. En utveckling mot större automatisering riskerar att innebära ökade bullerstörningar till följd av ett ökat trafikarbete. En bättre trafikstyrning till följd av digitaliseringen skapar möjlighet att styra bort trafik från områden där många utsätts för trafikbuller. Automatiseringen innebär också möjligheter till nattliga godsleveranser i städer vilket riskerar bidra till ökat buller vid en tidpunkt då det normalt är tyst i städer. Ett jämnare trafikflöde medför å andra sidan minskat buller i form av ljud från inbromsningar och accelerationer. Det senare i kombination med att elektrifieringen medför tystare fordon gör att det är mycket osäkert hur uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon kommer att påverka detta mått.

En av de främsta källorna till utsläpp av kvävedioxider i våra tätorter är bilavgaser. På motsvarande sätt som för växthusgaser kommer inledningsvis förmodligen en minskning av utsläppen att ske men i takt med att trafikarbetet ökar kan utsläppen komma att öka. En kommande elektrifiering av fordonsflottan innebär dock att de totala utsläppen kommer att minska och bedömningen av detta mått avgörs av om större delar av fordonsflottan är elektrifierad när automatiseringens effekter i form av ökat trafikarbete börjar märkas. Givet allt annat lika kommer dock det ökade trafikarbetet påverka målet i negativ riktning.

20 procent utsläppen av små partiklar ($PM_{2,5}$) kommer från inrikes transporter. De små partiklarna kommer från förbränningsprocessen i motorerna och från slitage av däck, vägbana och bromsar. Eftersom den största delen av utsläppen av små partiklar ($PM_{2,5}$) kommer från trafik riskerar utsläppen att öka om trafikarbetet ökar. Transporter är den största källan för utsläpp av större partiklar (PM_{10}). 95 procent av dessa utsläpp kommer från slitage av vägar,

däck och bromsar. Mot bakgrund av att automatiseringen kan leda till ett ökat trafikarbete kan detta påverka målet i en negativ riktning.

Indikatorn **omkomna och allvarligt skadade** följs upp med ett mått formulerat på i stort sett samma sätt, omkomna och allvarligt skadade i transportsystemet. Inom vägtrafiken har Trafikanalys gjort bedömningen att den sammantagna effekten av ökande automatisering och ökande trafikvolymer troligen blir att trafiksäkerheten förbättras kontinuerligt upp till runt automatiseringsnivå 4 (det vill säga att fordonet är helt automatiserat i vissa trafikmiljöer), och att den därefter minskar något till följd av ökande trafik. Nettoeffekten av självkörandetekniken blir dock tydligt positiv. En del i detta är sannolikt att infrastrukturen samtidigt anpassas för att begränsa potentiella konfliktpunkter mellan bilar och oskyddade trafikanter.

För sjöfarten kan digitaliseringen innebära att det redan låga antalet olyckor till följd av grundstötningar och kollisioner minskar vilket i sin tur kan medföra minskad miljöpåverkan till följd av färre utsläpp. Karaktären på de dödsfall som rapporteras inom sjöfarten gör det dock att Trafikanalys dock har svårt att se att digitaliseringen skulle medföra färre omkomna inom handelssjöfarten.

En ökad samverkan mellan väg- och spårtrafiken kan i framtiden innebära att antalet plankorsningsolyckor minskar vilket i sin tur skulle innebära färre omkomna och allvarligt skadade. Under åren 2013–2017 omkom årligen mellan 5 och 10 personer i olyckor där vägar korsar spår. En viss positiv påverkan av digitaliseringen är möjlig för denna typ av olyckor. För övriga omkomna och allvarligt skadade inom bantrafiken ser Trafikanalys inget direkt samband med uppkoppling, samverkan och automatisering.

För luftfarten gör Trafikanalys ingen bedömning, men vi noterar att det i samband med de två olyckor som hänt med Boeing 737 max 8 uppstått en diskussion som kan kopplas till den så kallade automatiseringsparadoxen. Den innebär att den mänskliga förmågan att hantera en situation avtar om processen automatiseras. I dessa fall handlar det om att piloterna inte får tillräcklig träning när automatiken tar över större delar av flygningen.[156] Denna paradox gäller givetvis även för de övriga trafikslagen.

Sammanfattande bedömning av hur de transportpolitiska målen påverkas av uppkoppling, samverkan och automatisering

Redovisningen ovan visar att uppkoppling, samverkan och automatisering kan komma att påverka nyckelmåtten för nyckelindikatorerna i olika riktningar. Den bedömning som redovisas ovan kan och bör givetvis påverkas av styrmedel som ska leda utvecklingen i önskad riktning. Viktigt blir då att ha styrmedel där utvecklingen bedömts leda bort från de transportpolitiska målen men också att stärka de utvecklingar som leder mot målen.

För de mått där utvecklingen riskerar att leda bort från de transportpolitiska målen förklaras till största del av att automatiseringen väntas leda till ett ökat trafikarbete på väg. Det ökade trafikarbetet på väg förväntas också att påverka vägtrafikolyckorna negativt men för vägtrafik-olyckor överväger de positiva effekterna av ett ökat förarstöd de negativa effekterna av det ökande trafikarbetet. Åtgärder för att begränsa trafikarbetets utveckling framstår således som mycket viktiga för att undvika negativa effekter av en automatisering av vägtrafiken. Här måste man dock inskjuta den osäkerhet som gäller tidsperspektiven för introduktionen av eldrivna bilar respektive automatiserade bilar och kommer elektrifieringen först blir de negativa

[156] Dagens nyheter 2019-03-30, *Vad händer i en cockpit när allt havererar?* www.dn.se/ekonomi/vad-hander-i-en-cockpit-nar-allt-havererar

miljöeffekterna betydligt mindre och automatiseringens positiva effekter på miljön kanske kommer att överväga.

Ett utglesat boende är en orsak att utvecklingen i förhållande till målen kan bli negativ. Här har kommunerna en viktig roll att i den framtida planeringen beakta detta.

En minskad personaltäthet i kollektivtrafiken förväntas också att medföra en negativ påverkan, här är det dock inte givet att de som ansvarar för trafiken väljer att ta ut effektiviseringen som möjliggörs genom att minska personalen, en omfördelning till andra personalkategorier kan också tänkas ske.

De positiva effekterna av digitaliseringen är inte heller självklar i alla fall. Den ökade tillgängligheten väntas ge positiva effekter mått med det förutsätter till exempel att transporterna inte bara är fysiskt tillgängliga utan även ekonomiskt. Även förbättringar till följd av en bättre organisation av trafiken väntas men också här krävs affärsmodeller som gör tjänster attraktiva och/eller en politisk vilja att utnyttja dessa möjligheter.

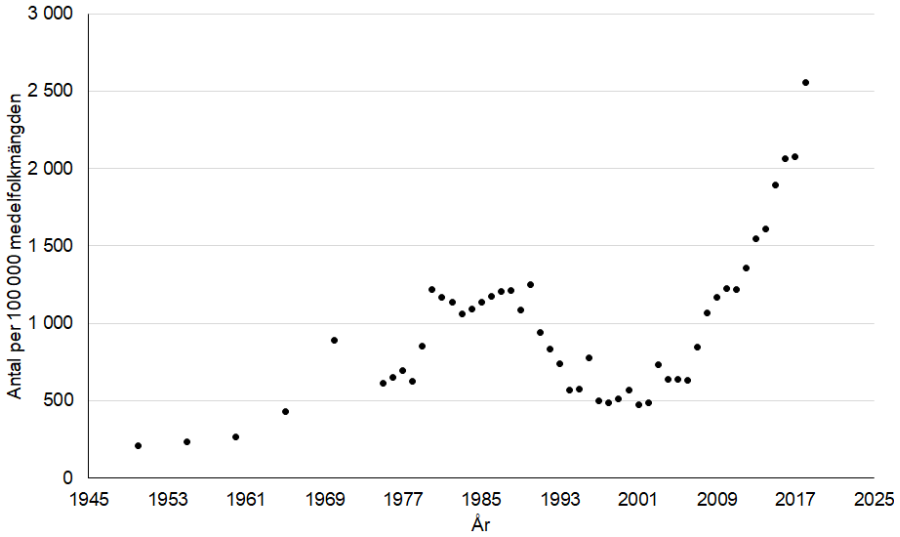
4 Nya risker med intelligenta transportsystem

I det här kapitlet avser ”intelligenta transportsystem” (ITS) allt som kan tänkas karaktärisera och särskilja ett framtida effektivt och hållbart transportsystem med uppkopplade fordon, samverkande och automatiserade fordon, delning och fossilfria transporter. I fokus står risker med integrerade informations- och kommunikationssystem för uppkopplade fordon och infrastruktur och de tre riskområden som nämns i uppdraget, integritet, datasäkerhet eller sårbarheter. Det vill säga, skydd av personuppgifter, skydd av data och datasystem, samt samhällets förmåga att hantera informations- och cyberrisker.

Utvecklingen av informations- och cyberrisker

Sedan år 2006 publicerar World Economic Forum (WEF) årligen *The Global Risk Report*.[157] I rapporten beskrivs globala risker och risktrender. Med globala risker avses möjliga framtida händelser med skadeverkningar som drabbar flera länder samtidigt. I The Global Risk Report 2019 är extremväder och biologisk utarmning i topp, tillsammans med cyberattacker, dataintrång och haverier i samhällskritisk digital infrastruktur.[158]

De senaste åren har larmrapporter om digitala bedrägerier och dataintrång duggat tätt. Även antalet anmälningar om bedrägerier per invånare har ökat kraftigt över tid, se Figur 4.1. Den exponentiella tillväxten sedan 10 år kan tillskrivas bedrägerier med digital teknik, dator- och internetbedrägerier.

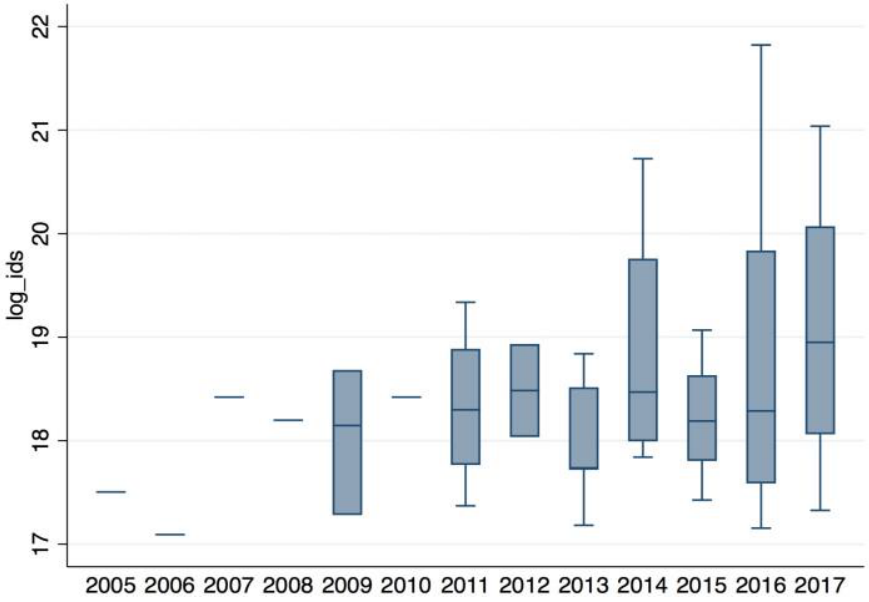


Figur 4.1. Antal anmälningar av bedrägerier per 100 000 medelfolkmängd 1950–2018.
Källa: Diagram av Trafikanalys med uppgifter från Brottsförebyggande rådet.[159]

[157] World Economic Forum, *https://www.weforum.org/*
[158] World Economic Forum, *The Global Risks Report.* https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019
[159] Brottsförebyggande rådet, *Kriminalstatistik* https://bra.se/statistik/kriminalstatistik.html

Digitaliseringen av tjänster underlättar bedrägerier som riktar sig mot en större mängd personer. Även risk för dataintrång ökar, det vill säga åtkomst och spridning av data bland obehöriga. När det gäller frekventa, mindre och medelstora incidenter har inga större förändringar skett de senaste åren.[160]

När det gäller extrema och storskaliga dataintrång är utvecklingen dock inte den önskvärda, se Figur 4.2.[161] Dessa växer till både antal och storlek över tid. Extrema intrång blir med andra ord allt vanligare och allt mer extrema.



Figur 4.2. Utvecklingen av extrema dataintrång, minst 25 miljoner dataposter. Den lodräta axeln visar den naturliga logaritmen av antalet dataposter per intrång.
Källa: Hofmann, Wheatley, och Sornette (2019). Diagrammet återges efter tillstånd från författarna.
Anm. Studien bygger på uppgifter om 1 713 större intrång i USA under perioden 2006–2017 (intrång som berör minst 10 000 dataposter).

E-bedrägerier och dataintrång har framför allt drabbat privatpersoner och verksamheter inom handel, vård, utbildning och finans. Ofta handlar det om information av ekonomiskt värde, till exempel identitetsuppgifter, kortnummer eller andra känsliga uppgifter som kan omsättas i ekonomiska transaktioner.[162] Det finns dock många andra typer av digitala risker, såsom systemfel, handhavandefel, skadlig programvara etcetera. Den enskilt största risken i elektronisk kommunikation är av allt att döma systemfel, det vill säga att systemfunktioner helt enkelt inte håller måttet.[163]

Hittills har transportsektorn varit relativt besparad från informations- och cyberincidenter. I takt med att transporttjänster och funktioner i fordon och infrastruktur digitaliseras och i takt med att information om trafik, förare, passagerare och gods integreras, växer även

[160] UK Gov Cyber Security Breaches Survey 2019, *Official Statistics. Department for Digital, Culture, Media and Sport.* (Storbritannien är ensamma om att publicera officiell statistik på området).
[161] Hofmann, A., Wheatley, S., & Sornette, D. (2019), *Heavy-Tailed Data Breaches in the Nat-Cat Framework & the Challenge of Insuring Cyber Risks*. (Manus inskickat till The Geneva Papers).
[162] För mer information om informations- och cybersäkerhetsrisker, se Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB) webbplats: www.msb.se/sv/Forebyggande/Informationssakerhet/Stod-inom-informationssakerhet/.
[163] ENISA 2018, *Annual Report Telecom Security Incidents*. https://www.enisa.europa.eu/publications/annual-report-telecom-security-incidents-2018

informationsvärdet och därmed också de riskerna i transportsystemet. Aktuella studier pekar sammantaget mot växande risker på transportområdet.[164] [165] Mot denna bakgrund följer här en diskussion av tre riskområden: *integritet*, *datasäkerhet* och *samhällets sårbarhet*.

Integritet

I lagstiftningssammanhang är integritetsrisker framför allt förknippade med hanteringen av personuppgifter, inte minst i Dataskyddsförordningen (GDPR)[166]. Enligt denna är personuppgifter all slags information som direkt eller indirekt kan knytas till en (fysisk) person som är i livet. Vissa personuppgifter är känsliga, till exempel hälsa, etniskt ursprung, sexuell läggning och politiska åsikter. Sådana får bara samlas in under särskilda omständigheter, till exempel efter berördas samtycke eller med särskilt lagstöd.

I utredningen ”Vägen till självkörande fordon” (SOU 2018:16) lyfts fyra systemfunktioner fram som präglar utvecklingen av ITS och som genererar personuppgifter som en konsekvens av att en individ befinner sig i ett självkörande fordon.[167] Det gäller,

- tid och plats var fordonet befinner sig,
- biometri, det vill säga olika sätt att mäta kroppsliga egenskaper hos en person,
- hälsa, sensorer i fordonet kan användas för att övervaka de som finns i fordonet kroppsligt och,
- personlig information om förarens körbeteende.

Av remissvaren på utredningen framgår att det finns många återstående integritetsfrågor som konsekvenser av uppkopplade självkörande fordon.[168] Datainspektionen, tillsynsmyndighet för (GDPR), skriver exempelvis ”att förslaget sannolikt kommer att leda till hög risk för de registrerade, särskilt med hänsyn till att det rör sig om ny teknik som kan omfatta en stor del av befolkningen”. Myndigheten menar att utredningen öppnar för många oklara och osäkra relationer mellan datahantering och GDPR, inte minst ansvarsfrågor, men även den rättsliga grunden för storskalig personuppgiftshantering. Andra organisationer betonar det positiva värdet av att lagra personuppgifter.

Perspektiven varierar beroende på dels värderingar, dels specifika frågor, till exempel förslaget att tillåta datalagring i andra länder inom EES. Utredningen om datalagring och EU-rätten (SOU 2017:75) föreslog att datalagring ska ske i Sverige. eSam har påtalat att företag lämnar ut uppgifter enligt olika rättsordningar i olika länder, bland annat att amerikanska myndigheter har rätt att få tillgång till data som amerikanska tjänsteleverantörer lagrar utomlands.[169] Därmed kan personuppgifter komma att lämnas ut även om datalagring

---

[164] Tonn, G., Kesan, J. P., Zhang, L., & Czajkowski, J. (2019), *Cyber risk and insurance for transportation infrastructure*. Transport Policy, 79, 103-114.
[165] Lim, H., & Taeihagh, A. (2018), *Autonomous vehicles for smart and sustainable cities: An in-depth exploration of privacy and cybersecurity implications. Energies, 11(5), 1062*.
[166] Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2016/679, *om skydd för fysiska personer med avseende på behandling av personuppgifter mm.*
[167] SOU 2018:16, *Vägen till självkörande fordon*.
[168] Regeringskansliets webbplats Remiss av SOU 2018:16, Vägen till självkörande fordon www.regeringen.se/remisser/2018/04/remiss-av-sou-201816-vagen-till-sjalvkorande-fordon/
[169] eSam Rättsligt uttalande om röjande och molntjänster, www.esamverka.se/download/18.290a0225166bfafb714c0c7a/1542007824143/eSam%20-%20Ra%CC%88ttsligt%20uttalande%20om%20ro%CC%88jande%20och%20molntj%C3%A4nster.pdf

sker inom EU. I Tyskland är det lag på att datalagring ska ske lokalt i automatiserade fordon, varmed fordonsägaren har ansvaret för datahantering.[170]

Sammanfattningsvis, det finns en rad frågor om den rättsliga grunden för datahantering om självkörande fordon, samt även hur integritetsriskerna ska värderas. Trafikanalys konstaterar att frågan bör utredas vidare, med fördel i internationell samverkan. Två frågor framstår som centrala, frågor som inte tidigare har fått något större utrymme: (1) ansvar och regelverk för hantering av personuppgiftsincidenter rörande uppkopplade självkörande privatfordon, samt (2) potentiella effekter av övervakning och automatisering på attityder och beteende bland förare och passagerare, om det även leder till ökad oaktsamhet på grund av tilltro till självreglerande system.[171]

Datasäkerhet

Datasäkerhet avser åtgärder för skydd av data, samt de system och processer i vilka de hanteras. Dessa kan vara av teknisk eller administrativ natur. Begreppet relaterar till en rad andra it- och systemsäkerhet, kommunikations- och nätverkssäkerhet, informations- och cybersäkerhet.[172] Det finns inga skarpa gränser. Grundfrågan här är hur vi skyddar såväl datamängder som de systemfunktioner som hanterar dem.

Inom EU regleras informationssäkerhet i samhällsviktiga tjänster av Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2016/1148 om säkerhet i nätverks- och informationssystem, även kallat NIS-direktivet. MSB samordnar implementeringen i Sverige. På transportområdet berörs flygplatser, järnvägstrafik, sjöfart och intelligenta transportsystem i vägtrafiken.[173] Regelverket innebär bland annat krav på informationssäkerhet och incidentrapportering hos leverantörer av samhällsviktiga tjänster.

Det finns idag ingen nationell lägesbild av risker och åtgärder i transportsektorn.[174] Ansvaret för spridning av information och kunskap är delat: MSB samordnar nationella planer och insatser, Transportstyrelsen är tillsynsmyndighet av NIS-direktivet och Trafikverket håller i operativ samverkan.

I sitt remissvar till utredningen om självkörande fordon (SOU 2018:16) lyfte MSB fram tre riskområden med framtidens ITS; (1) att dagens regelverk och verksamhet för informationssäkerhet inte är anpassade till framtidens risker med uppkopplade fordon, (2) att det ställs extra högra krav på säkerhet vid transporter av farligt gods, samt (3) att självkörande fordon kan innebära hinder för räddningstjänstens framkomlighet och insatsmöjligheter. Det kan exempelvis beröra:

- Många fordon är redan idag uppkopplade och utvecklingsarbetet är intensivt. Informationssystem som kontrollerar självkörande fordon innebär nya potentiella attackytor för cyberangrepp. Det är oklart hur dagens elektronikkomponenter uppfyller säkerhetskrav. Sådana komponenter har främst utvecklats med tanke på funktionell säkerhet och robusthet.

[170] SOU 2018:16, *Vägen till självkörande fordon*
[171] Demmel, S., Gruyer, D., Burkhardt, J. M., Glaser, S., Larue, G., Orfila, O., & Rakotonirainy, A. (2019), *Global risk assessment in an autonomous driving context: Impact on both the car and the driver. IFAC-PapersOnLine*, *51*(34), 390-395.
[172] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 2016 MSB 976, *Terminologi och begrepp inom informationssäkerhet*
[173] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap 2018 MSB1305, *Vägledning för anmälan och identifiering av leverantörer av samhällsviktiga tjänster.*
[174] Trafikanalys PM 2018:6, *Sårbarheter i transportsystemet.*

- Det saknas regler för hur informations- och datasäkerhet i fordon ska utvärderas och hur anslutningar till tredje part ska hanteras. All skyddsvärd information bör kartläggas, inte bara personuppgifter, exempelvis information om position och last. Information om farligt gods är speciellt känslig.

- Riskerna för elektromagnetiska hot ökar generellt eftersom fordon blir beroende av trådlös elektronik och kommunikation till exempel vad gäller avsiktliga störningar, men även rymdväder och solstormar.

- Ifråga om farligt gods innebär dagens lagstiftning att en person ska vara närvarande. Det är oklart om det ska kvarstå för självkörande fordon, eller om nya specifika krav på övervakning av sådana fordon med farligt gods bör utformas. Vidare bör styr- och elsystem utformas med hänsyn till risker som exempelvis gnistbildning.

- Självkörande fordon får inte vara i vägen för räddningstjänsten och måste kunna reagera rationellt på utryckningsfordon, olyckshändelser och skadeområden. Det är oklart om och hur självkörande fordon skulle kunna och bör reagera på naturolyckor som bränder, översvämningar och jordskred, samt hur information om krissituationer ska hanteras.

I ”Samlad informations- och cybersäkerhetshandlingsplan för åren 2019–2022” har MSB satt upp ett mål för insatser avseende ITS: ”2.5.1. Tillhandahålla expertis och medvetandehöjande material om it-säkerhet vid uppbyggnaden av nya intelligenta transportsystem”.[175] Arbetet handlar framför allt om medvetandehöjande och förebyggande insatser för it-säkerhet i nya intelligenta transportsystem. Det genomförs tillsammans med FOI och andra ansvariga aktörer.

Till Trafikanalys uppger MSB att myndigheten deltar i EU:s arbete med styrmodeller för informations- och cybersäkerhet inom ITS, till exempel security credential management system, EU CCMS,[176] en komponent i den standard för samverkande ITS, EU C-ITS, som fastställs i en ny delegerad förordning.[177] MSB har även låtit FOI utvärdera ett förslag till IT-arkitektur för informationsdelning om transporter av farligt gods.[178] Därtill har FOI genomfört en studie av cybersäkerhet i tunga fordon,[179] samt inlett en bredare studie av ”Kommande cybersäkerhet inom smarta fordon och vägnät” som ska vara avslutad 2020.

Trafikverket samordnar och administrerar ”Transportsektorns samverkan inför samhälls-störningar” (TP SAMS),[180] där även MSB och Transportstyrelsen deltar. Enligt uppgift till Trafikanalys har TP SAMS inte gjort några särskilda analyser eller hittills tagit fram planer avseende cybersäkerhet för transporter, även om frågorna är återkommande i diskussioner bland medlemmar.

---

[175] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap MSB13512019, *Samlad informations och cybersäkerhetshandlingsplan för åren 2019–2022.*
[176] Europeiska kommissionen, *Cooperative, connected and automated mobility (CCAM)* https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en
[177] Europeiska kommissionen C(2019) 1789 final, *komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/40/EU vad gäller införande och operativ användning av samverkande intelligenta transportsystem*
[178] Westerdahl och Bengtsson 2019, *NCS3 - Hotanalys av ett informationssystem för transport av farligt gods. FOI-R--4735--SE, MSB 2018-10654.*
[179] FOI 2018 Memo 6358, *NCS3 – Elektroniska styrsystem i tunga fordon.*
[180] http://tpsams.se/

Under 2018 inledde Trafikverket ett arbete med en sektorsövergripande risk- och sårbarhetsanalys med inriktning på aktörer och ansvarsfrågor. Den behandlar hittills inga specifika frågor om informations- och cybersäkerhetsrisker.

Under 2019 inleder Transportstyrelsen sin tillsyn av NIS-direktivet. Hittills har ett 20-tal organisationer anmält sig som leverantörer av samhällsviktiga tjänster på transportområdet, varmed det ställs särskilda krav på säkerhet. Transportstyrelsen räknar med att ett 80-tal organisationer till slut kommer att ingå i tillsynen.

Sårbarhet

I Trafikverkets omvärldsanalys 2018 uppmärksammas samhällssäkerhet och sårbarhet som en av fem megatrender som påverkar samhället, samt att denna megatrend förstärks av en annan – digitaliseringen.[181] Trafikverket sammanfattar utvecklingen.

”Ett fungerande transportsystem är en viktig del för att andra funktioner i samhället ska fungera. Kraven ökar på att kunna upprätthålla funktionaliteten i systemet även vid extrema vädersituationer och vid höjd beredskap. I takt med ökad digitalisering i transportsystemet ökar även behovet av informationssäkerhet och säkerhetsskydd”.

Trafikanalys har tidigare kartlagt definitioner av ”sårbarhet” samt hur transportmyndigheter arbetar med att reducera transportsystemets sårbarhet.[182] Överlag är myndigheternas diskussion av transportsystemets sårbarheter sparsam. Generellt uppfattas det handla om relativt små händelser med potentiellt stora konsekvenser, och att den verksamhet som drabbas inte har kapacitet att hantera problemet. Mer specifikt kan det handla om krisberedskap, tekniska system och påfrestningar på infrastruktur som medför potentiellt omfattande trafikstörningar eller reparationskostnader. Det kan även handla om avsaknad på alternativa rutter (redundans) i transportsystemet. Det är mer sällsynt med sårbarhetsanalyser av ITS.

Väder, olyckor och sabotage är välkända potentiella orsaker till störningar och avbrott i transportsystemet. Informations- och cyberincidenter tenderar att förbli interna verksamhetsfrågor, om de inte drabbar externa intressenter. Ett exempel är de problem med datakommunikation i flygledningssystemet 18 maj 2016 som innebar att luftrummet stängdes under några timmar.[183] Den händelsen visar att en uppkopplad, samverkande och automatiserad transportförsörjning också innebär en allt högre sårbarhet för händelser som påverkar de system som möjliggör digitalisering.

Från Trafikverkets arbete med att utveckla metoder för en sektorsövergripande risk- och sårbarhetsanalys har publicerats en rapport som beskriver förväntningar, ansvar och samverkan i beredskapsfrågor.[184] I huvudsak diskuteras den komplicerade ansvarsfördelningen på området, med många offentliga och privata aktörer, utan närmare krav på samverkan kring riskhantering och krisberedskap. Åtgärdsförslagen kretsar kring gemensamma kunskapsunderlag, system och processer för samordning av behovsanalyser och åtgärdsprioriteringar.

Trafikanalys framhåller här att det inledda arbetet med en sektorsövergripande riskanalys är ett välkommet och angeläget initiativ. Samtidigt fortgår digitaliseringen av transportsystemet.

---

[181] Trafikverket 2018, *Trender i transportsystemet*
[182] Trafikanalys PM 2018:6, *Sårbarheter i transportsystemet.*
[183] Svenska Dagbladet 2016-0527, *Trots "tydligt fel" hos Telia – utredningen fortsätter* www.svd.se/fortsatt-utredning-trots-fel-hos-telia/om/luftfartsverket
[184] Trafikverket Rapport TRV 2018, *Transportövergripande risk- och sårbarhetsanalys*.

Det är en utmaning för riskhantering i frågor om ITS, det vill säga en allt snabbare teknikutveckling och digitalisering i kombination med relativt långsam verksamhetsutveckling och samordning. Riskhantering är av vikt *innan* digitalisering och bör vara en integrerad del av all utveckling och planering av ITS.

Framtidens riskhantering

ITS rymmer potentiellt en rad målkonflikter,

(1) mellan ett kostnadseffektivt och integrerat transportsystem respektive samhällets sårbarhet för extrema risker,

(2) mellan enkel och effektiv datakommunikation respektive datasäkerhet, och

(3) mellan storskalig tillgång till data för verksamhetssamordning respektive integritetsrisker.

Dessa målkonflikter löses inte av sig självt och inte bara genom regelförändringar eller teknikutveckling. Risken finns att målkonflikter kommer att hanteras först om och när enskilda incidenter och kriser inträffar. Det gynnar inte ett förebyggande och systematiskt arbete med riskhantering. Det kan tvärtom försvåra arbetet eftersom riktlinjer och vägledningar lätt påverkas av enskilda fall. Mot den bakgrunden rekommenderar Trafikanalys att det nationella ansvaret för riskhantering på ITS-området klarläggs och att resurser avsätts för samordning av lägesbilder, kunskap och forskning på området.

Transportmyndigheter och branschaktörer bör ta initiativ till systematiska lägesbilder och kunskapsspridning om informations- och cyberrisker, samt hantering av dessa. Därtill bör regeringen låta klargöra ansvar för och krav på datahantering i automatiserade system och processer för uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon och infrastruktur.

5 Hur ska vi styra mot de transportpolitiska målen?

I kapitel 3 har Trafikanalys gjort en bedömning av hur utvecklingen av uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon kan komma att påverka de transportpolitiska målen.

Detta kapitlet inleds med en principiell beskrivning av befintliga styrmedel. Därefter följer en redogörelse av styrmedel Trafikanalys bedömer vara i behov av översyn för att på bästa sätt hantera de utmaningar och möjligheter som automatisering inklusive uppkoppling och samverkan kan leda till. Kapitlet bygger till del på ett uppdrag WSP har utfört på uppdrag av och i samråd med Trafikanalys.[185]

Förändringar av styrmedel kommer att krävas avseende alla trafikslag. Av allt att döma kommer de mest radikala förändringarna krävas för vägtrafik. För sjöfart, luftfart och järnväg bedöms de framtida regelverken vara mer lika dagens system. För dessa tre trafikslag finns det idag – och kommer fortsatt att finnas regler för hur fordon och farkoster kommunicerar med infrastruktur och (åtminstone för sjöfart och luftfart) med omgivningen. Det kommer fortsatt att finnas tekniska krav på fordon och på farkoster å ena sidan, och på infrastruktur, å andra sidan. Bemanningsregler behöver ses över och kan, åtminstone i viss utsträckning, avvecklas. Den analys som redovisas här har fokus på vägtrafik.

5.1 Styrmedel i dag

Styrmedel kan definieras som ”de verktyg som det offentliga kan ta i anspråk för att påverka olika aktörers agerande i en riktning som är gynnsam för uppfyllande av specifika politiska mål.”[186]

Detta är en bred definition där styrmedlen kan delas in i ett antal kategorier, exempelvis enligt tabell 6.1. Som tabellen visar finns det många olika styrmedel i transportsektorn som påverkar bland annat kostnaderna för olika transporter. I definitionen av styrmedel ingår även infrastrukturen som rent fysiskt påverkar möjligheten att genomföra olika typer av transporter samt juridiska styrmedel som styr vad som är möjligt legalt.

[185] WSP 2019, *Styrmedel vid automatisering.*
[186] Trafikanalys PM 2018:2, *ABC om styrmedel.*

Tabell 5.1. Styrmedelskategorier och exempel på befintliga och tänkbara styrmedel i transportsektorn.

Styrmedelskategori	*Exempel på styrmedel i transportsektorn idag och tänkbara styrmedel vid automatisering*
Juridiska styrmedel Tvingande regleringar, kallas ibland administrativa styrmedel.	• EU-rätt såsom Eurovinjettdirektivet • Nationell rätt såsom körkortskrav • Parkeringsregler
Ekonomiska styrmedel Justerar de priser som aktörerna möter.	• Beskattning av drivmedel • Subventioner såsom stöd till investeringar i laddinfrastruktur • Framtida differentierad kilometerskatt
Informativa styrmedel Informationskampanjer eller certifiering av varor.	• Mobility management
Nudging Att utforma beslutssituationen för att underlätta för samhället önskvärda beslut.	• Presentation av bilars utformning där miljöegenskaper visas först
Samhälls-, infrastruktur- och trafikplanering	• Subventionerad och planerad kollektivtrafik • Investeringar i infrastruktur t.ex. på- och avstigningsplatser • Investeringar i IT-infrastruktur
Förhandlingar och överenskommelser Frivilliga överenskommelser mellan det offentliga och andra aktörer.	• Sverigeförhandlingen
Offentlig upphandling	• Krav på miljöegenskaper hos fordon i kollektivtrafiken
Forskning och innovation Finansiellt stöd till prioriterade områden.	• Stöd till forskning om biodrivmedel

Källa: Trafikanalys (2018), *ABC om styrmedel*.

Styrmedlen är de redskap som staten har för att nå de transportpolitiska målen som redovisats i tidigare kapitel. Frågan är vilka förändringar och tillägg som behöver göras för att dagens styrmedel bättre ska klara sin uppgift att styra mot de transportpolitiska målen i en framtid med full automatisering. På motsvarande sätt använder regioner, kommuner och EU styrmedel för att nå sina mål, som i betydande utsträckning sammanfaller med de svenska nationella målen.[187]

[187] I promemorian ”Kartläggning av transportpolitiska mål på regional och kommunal nivå”, beskrev Ramböll på Trafikanalys uppdrag kopplingar mellan de svenska nationella transportpolitiska målen och de mål som regioner och vissa kommuner arbetar med inom området. Ramböll, januari 2017.

Styrmedel i förändring

De styrmedel vi har är under ständig förändring. Vissa idag pågående eller nyligen avslutade styrmedelsutredningar har också direkt relevans för frågan om uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon. Det gäller till exempel utredningen om åtgärder för att främja bil-, motorcykel- och mopedpooltjänster[188], uppdraget om att vidta åtgärder för ökad säkerhet vid plankorsningar[189] och uppdraget om att genomföra test- och demonstrationsprojekt med geostaket i urbana miljöer.[190] Det gäller likaså uppdraget att utarbeta förslag om öppna data för ökad fyllnadsgrad[191] och uppdraget att ta fram underlag om drönare.[192]

5.2 Viktigare styrmedel vid automatisering

En framtid med fullt automatiserade fordon kan, som framgår av tidigare kapitel, innebära stora vinster, men också potentiellt stora problem. På plussidan har vi möjlighet till kraftigt förbättrad tillgänglighet i synnerhet för de grupper som idag saknar tillgång till egen bil eller god kollektivtrafik. Dit hör barn, äldre som inte (längre) själva kör bil (men som inte heller är vid sämre hälsa att de klarar sig utan assistans för sitt resande) och människor som av till exempel ekonomiska skäl saknar tillgång till egen bil. Tillgänglighetsökningen kan således bli som störst för de som idag saknar möjlighet att resa med egen bil och bor på platser där kollektivtrafiken är bristfällig, exempelvis på landsbygden. Automatiserade fordon förväntas också minska risken för olyckor jämfört med fordon som körs av människor och kan öka kapaciteten i vägnätet. Om bilar inte heller behöver stå parkerade längre tider i centrala delar av städer kan värdefull mark frigöras för andra ändamål. Trafiken kan optimeras för låg specifik energianvändning och eco-driving.

Nackdelar och risker med automatiserade fordon är kanske främst kopplade till eventuell trafikökning och potentiell trängsel, bättre tillgänglighet till bil för fler är en del i det. Sannolikt lägre restidskostnader till följd av att tiden i bilen kan utnyttjas bättre kan bidra till att biltrafiken ökar, både genom att resorna blir längre, men också genom att människor väljer att ersätta resor med gång-, cykel- och kollektivtrafik med resor med automatiserade bilar. Om biltrafiken ökar leder det till ökad trängsel framförallt i större tätorter. Det riskerar i sin tur till att leda till ökad energianvändning och – om det inte är nollemissionsfordon – till ökade utsläpp och till buller. Automatiserade bilar som kör utan passagerare utgör en ny trafiktyp som inte alls finns på vägarna idag.

Automatisering kan alltså både bidra till ökad måluppfyllelse för de transportpolitiska målen, men kan också fjärma oss från måluppfyllelse. Styrmedel som kan gynna vissa vägval kan därför ha stor betydelse för vad en framtid med automatiserade fordon kan komma att innebära. Att redan i dag försöka förstå och tydliggöra vart vi vill är därför viktigt, och en fråga för politiken att ta ställning till.

---

[188] Kommittédirektiv 2018:93, *Utredning om åtgärder för att främja bil-, motorcykel- och mopedpoolstjänster.*
[189] Regeringsbeslut N2019/00388/TIF, *Uppdrag att vidta åtgärder för att öka säkerheten vid plankorsningar på den statliga järnvägen.*
[190] Regeringsbeslut N2017/05987/TS, *Uppdrag att genomföra test- och demonstrationsprojekt med geostaket i urbana miljöer.*
[191] Regeringsbeslut N2018/04484/TS, *Uppdrag att utarbeta förslag om horisontella samarbeten och öppna data för ökad fyllnadsgrad.*
[192] Regeringsbeslut N2018/03935/MRT, N2017/02238/MRT delvis, *Uppdrag att ta fram underlag om obemannade luftfartyg så kallade drönare.*

Det finns en genuin osäkerhet kring hur automatisering kan påverka uppfyllandet av de transportpolitiska målen. Några faktorer som har betydelse för effekter och styrmedelsbehov är vilken riktning den spontana utvecklingen tar.

- Individuell eller delad tillgång till självkörande fordon?
- Individuellt eller delat användande av självkörande fordon?
- Hur självkörande fordon implementeras i stadsmiljö respektive på landsbygd?
- Anpassning och integrering med dagens subventionerade kollektivtrafik?

Dessa faktorer kan samtidigt påverkas genom styrmedel, till exempel i form av lagstiftning, bebyggelseplanering eller ekonomiska styrmedel. Frågan är hur dagens styrmedel behöver förändras och vilka nya styrmedel som måste till för att automatiseringens positiva effekter ska få fullt genomslag samtidigt som vi minskar dess negativa effekter.

Bör vi kräva uppkoppling och informationsdelning?

Optimering genom uppkoppling

För att nå den fulla potentialen med självkörande fordon behöver de vara uppkopplade med varandra (v2v) och med infrastrukturen (v2i). Det krävs till exempel för att kunna minimera avståndet mellan fordonen, undvika köbildning och bilda kolonner, vilket i sin tur ökar tillgänglighet och energieffektivitet.

Som framgår i föregående kapitel (4) finns det dock flera skäl till att fordonsägare skulle kunna vara tveksamma till att koppla upp sig. För den enskilde privata ägaren kan integritetsfrågan förväntas vara av betydelse med en ovilja att dela med sig av sin positioneringsdata. Företag som förvaltar en fordonsflotta och erbjuder delningstjänster kan också vara obenägna att dela med sig av trafikinformation till sina konkurrenter. Delningstjänsterna har tydliga skalfördelar, där tillgången till trafikdata från en stor flotta är en av dem. Att inte dela sin information kan på så vis vara ett sätt att motverka att nya konkurrenter etablerar sig på marknaden.

Det ger skäl att överväga tvingande lagstiftning för delning av viss information. Det kan handla om position, hastighet och om förestående manövrar. Effektiv trafikstyrning kräver rimligen även uppgift om destination. En sådan lagstiftning måste naturligtvis hantera de utmaningar som diskuterats i föregående kapitel.

Det förefaller uppenbart att det vid någon tidpunkt behöver ställas krav på att fordon kommunicerar, v2v och eller v2i, för att ges tillträde till de vägar eller körfält som reserveras för självkörande, uppkopplade fordon. Enstaka icke-uppkopplade fordon i sådana trafikmiljöer skulle försämra trafikutvecklingen och medföra orimliga förseningskostnader för andra trafikanter och för annan trafik.

Risk för dataintrång

Ett uppkopplat system är potentiellt känsligt för dataintrång och IT-attacker. Starka åtgärder måste vidtas för att trygga systemet och upprätthålla användarnas förtroende.

Kommuner behöver nya redskap?

I en scenariostudie om godstransporter i städer som Trafikanalys genomförde år 2014 konstaterades en distinkt skiljelinje mellan ett scenario med endast automatiserad stadstrafik och scenarier med manuella fordon.[193] Vid helt automatiserad trafik måste kommunen enligt

[193] Trafikanalys Rapport 2014:8, *Godstransporter i städer – scenarier för framtiden*.

studien utveckla effektiv trafikstyrning, där allt från fordonstyp till axellast, kan påverka hur fordonet hanteras i systemet. Det ligger också nära till hands att vilja ge tomma fordon (åtminstone de som ompositioneras för parkering) lägre prioritet i systemet och fordon med fler personer i högre prioritet, vilket premierar samåkning och effektivitet. Tekniskt sett skapas förutsättningar för trafikplanerare att på många sätt arbeta med en annan precision och flexibilitet än tidigare. Det kan ske genom andra generationens geofencing där gränserna snarare sätts i trafikledningen än i fordonen, men också genom att länkar regleras för ett specificerat flöde (exempelvis antal fordon per minut). Det kan handla om att begränsa flödet, men också om att under lågtrafiktid skapa ett visst, stadigt trafikflöde som bidrar till att bygga den stadsmiljö som eftersträvas. Vi vet att bilar idag, under förutsättning att de håller tillräckligt låga hastigheter kan bidra till ökad trygghetskänsla i stadsmiljön, inte minst för kvinnor.[194] Det kan finnas behov av ökad separering mellan självkörande fordon och gång- samt cykeltrafik i vissa stråk. Vi ser motiv för att kommuner, i den framtid vi här diskuterar, ges starkare mandat avseende trafikplanering och trafikstyrning.

Det behövs styrmedel som dämpar trafikarbetet i städer och ger incitament till ökad fyllnadsgrad

Som framgått tidigare är en farhåga kring automatisering att detta skulle kunna leda till kraftigt ökat trafikarbete med personbil. Det kan uppstå både genom omfattande trafik med tomma fordon och genom fler och längre bilresor för befolkningen när kostnaden för bilresor sjunker, både vad gäller monetära fordonskostnader och genom lägre tidsvärden för resenärer. För tomkörande bilar är restidstidsvärdet per definition noll.

De grundläggande transportpolitiska principerna om internalisering av trafikens externa kostnader förändras inte av automatisering, men dess betydelse kan påverkas. Precis som idag kommer det att krävas att trafiken bär sina samhällsekonomiska kostnader i form av bland annat vägslitage, trängsel, eventuella koldioxidutsläpp, trafiksäkerhetsrisker och buller för att nå ett samhällsekonomiskt ”lagom” stort trafikarbete. Med den fordonsutveckling vi ser framför oss sjunker de samhällsekonomiska kostnaderna för utsläpp av luftföroreningar, buller, säkerhet – och vid elektrifiering även kostnaderna för koldioxidutsläpp. Däremot finns det lite som talar för att trängsel- eller knapphetskomponenten sjunker. Korrekt trängsel-prissättning kan i det sammanhanget bli avgörande. Trängselkomponenten får ”skruvas upp” tillräckligt för att trafikarbetet ska bli ”lagom”. Sannolikt blir resultatet större variationer över dygnet än i dagens trängselskatter i Stockholm och Göteborg. För lätta fordon i glesbebyggda trakter kan marginalkostnaden i princip närma sig noll för trafik med automatiserade elbilar.

Ett sätt att implementera en effektiv prissättning är genom någon form av kilometerskatt, differentierad i tid och rum. Ett annat sätt, eller en variant på kilometerskatt, kan vara att fordon i förväg får köpa en ”passage” (motsvarande slots inom flyget och tåglägen inom järnvägstrafiken) för vägar med efterfrågan som når kapacitetstaket. Priset kan sättas baserat på ett automatiserat auktionsförfarande. I bägge fall bör en sådan avgift även vara differentierad utifrån fordonsegenskaper för att ge incitament att välja fordon med till exempel goda trafiksäkerhetsegenskaper och låga utsläpp. Här bidrar automatisering och uppkoppling till att göra det tekniskt enklare att administrera ett differentierat skattesystem eftersom uppgifter om fordons körsträckor registreras när fordon är uppkopplade mot infrastrukturen.

Att tillämpa marginalkostnadsprincipen med god differentiering i tid och rum blir då viktigt för att åstadkomma effektivitet i linje med det transportpolitiska kostnadsansvaret. Vi kan också spekulera i att det avgiftssystem som växer fram kan ha potential att även bidra till effektiv

[194] Trafikanalys Rapport 2017:16, *Sänkt bashastighet i tätort.*

finansiering av viss infrastruktur. Kanske kan välfärdsförlusterna av viss överprissättning i förhållande till den samhällsekonomiska marginalkostnaden bli lägre än vid motsvarande finansiering via skattsedeln? För att en sådan utveckling ska till krävs dock att transport-politikens grundprinciper justeras.

Krävs paradigmskifte inom parkeringspolitiken?

Traditionellt ses högre parkeringsavgifter som ett sätt att dämpa trafiken. Parkeringsavgifter på målpunkterna bidrar till högre kostnader för bilresande och gör därmed andra resalternativ jämförelsevis mer konkurrenskraftiga. Fri arbetsplatsparkering ses som ett problem, medan boendeparkering till fastpris kan ha en uppsida i att det inte ger bilinnehavare incitament att ”ta bilen” för att parkeringsavgiften vid målpunkten är lägre än hemmavid.

Med automatiska fordon kommer den transportekonomiska logiken att ändras radikalt. Det finns inte längre något behov av att parkera nära målpunkten. Om parkeringsavgiften är högre än vad det kostar att köra ”hem” fordonet till en gratis eller redan betald parkering körs fordonen sannolikt ”hem” och det trafikarbete som genereras av ett resärende kan bli det dubbla.

Att etablera god tillgång till billig parkering vid målpunkter för att begränsa tomkörningar känns idag som ett avlägset steg. Kanske ligger begränsning av privatbilsresande, till förmån för automatiserade taxitjänster, närmare till hands i innerstadsmiljöer? Kanske är det så att vi i en värld med automatiska fordon måste utveckla en samlad transportpolitik för prissättning av trafik och av parkering?

Förmodligen behöver parkeringsplatser i landsbygdsmiljöer tydliggöras på ett annat sätt än idag. Det kan vara svårare för ett automatiserat fordon att avgöra om det vid ett visst tillfälle är lämpligt att stanna på en plan yta intill vägkanten för att vänta på nytt köruppdrag än det är för en människa. Ett finmaskigt nät av tydliga parkerings- eller uppställningsplatser på landsbygden minskar behovet av positioneringskörning och ökar systemets effektivitet.

Bör vi uppmuntra delade fordon?

Vissa positiva effekter av automatiserade fordon uppkommer enbart om automatiseringen kombineras med att fordonen delas. Som framgår tidigare i rapporten kan delningen ske både genom att ett fordon nyttjas av olika individer vid olika tidpunkter eller genom att även resan delas (samåkning).

Automatiserade fordon skulle kunna leda till användande av energieffektivare fordon, inte bara genom eco-driving, utan också om det innebär att fordonens storlek och egenskaper anpassas till den aktuella resan. Detta kräver dock att fordon väljs från en större fordonsflotta. Fordonen kan antingen vara ägda av enskilda, av företag eller av det offentliga. Resor där det enbart är en person i fordonet kan då göras i mycket små och energieffektiva fordon medan ett större fordon väljs vid familjesemestern. Den energibesparing som detta skulle kunna innebära bedöms vara stor och det är därför relevant att fråga sig om det vore önskvärt med styrmedel som gynnar användande av bildelningstjänster. Bildelningstjänster har också fördelen att de normalt bidrar till effektivt kapacitetsutnyttjande av vägar och parkeringsplatser.

Dagens regleringar och prissättning av parkering är i grunden ett styrmedel som gynnar bildelning. De innebär att de fasta kostnaderna för att ha bil ökar och gör det mer lönsamt att dela på dessa kostnader.

Boendeparkering är dock ett inslag i parkeringsprissättningen som i sig missgynnar delat bilägande framför individuellt bilägande. Boendeparkering innebär att boende i ett område får parkera till ett lägre pris än övriga. För att få tillgång till den billigare parkeringen krävs dock att den boende endera själv äger bilen eller långsiktigt disponerar den, till exempel som förmånsbil eller via privatleasing. Om bilen istället ägs av ett företag och nyttjas av flera olika personer som bor i området blir kostnaden för parkering avsevärt högre. Systemet med boendeparkeringstillstånd för enskilda bostadsområden gör det också dyrare att samutnyttja fordon över ett större geografiskt område, oavsett vem som formellt står som ägare till fordonet, eftersom det inte är möjligt att få boendeparkeringstillstånd för ett och samma fordon i mer än en stadsdel. Även det faktum att många parkeringsplatser upplåts via bostadsrätts-föreningar som enbart hyr ut platserna till de boende i föreningen kan bidra till sämre parkeringsmöjligheter för delade fordon jämfört andra fordon.

Svårighet att ordna parkering existerar redan idag för bilpooler men problemet blir än större om en växande andel av fordonsflottan består av delade fordon. Om delade, automatiserade fordon inte kan stå i bostadsområden nattetid eller mellan körningar på grund av svårigheter att parkera bidrar detta också till fler tomma mil och det blir svårare för bildelningsföretag att erbjuda en konkurrenskraftig service.

Ett steg för att hantera detta skulle kunna vara att justera dagens regleringar på kommunal nivå kring boendeparkering så att privat ägande och bildelningsföretag likställs när det gäller avgifternas nivå och tillgång till parkeringsplatser. Eftersom detta också ökar konkurrensen om befintliga parkeringsplatser minskar härtill incitamenten för privat ägande.

Om man ytterligare vill gynna bildelning framför individuellt använda fordon finns möjlighet att tillämpa andra styrmedel som gör det dyrare att äga fordon. Fordonsskatten är en fast kostnad för att äga ett fordon som inte beror av hur mycket fordonet används. En regionalt differentierad, högre fast kostnad för att äga ett fordon ger som nämnts incitament till delat ägande, och ju högre årlig fordonsskatt desto starkare incitament. Samtidigt kan högre teknikinnehåll i fordonen, både genom system för automatisering och högre framtida krav på energieffektivitet leda till att fordon blir avsevärt dyrare att äga (men inte att använda) i framtiden jämfört med idag. Det är bland annat därför inte säkert att det behövs ytterligare styrmedel som höjer den fasta kostnaden för bilägande.

Reglering av eventuellt monopol

Verksamheter som förvaltar eller samordnar en fordonsflotta och erbjuder delningstjänster har sannolikt stordriftsfördelar. En större flotta kan täcka ett större geografiskt område och hittar fler samåkningsmöjligheter vilket ger lägre priser, minskar väntetider och kan med en stor kundbas erbjuda nischade fordon (till exempel av olika storlekar) som ytterligare sänker priset. Med andra ord kan det befaras att ett monopol kan komma att erbjuda högst tillgänglighet till lägst kostnad men med risk för monopolistisk prissättning. Det kan emellertid inte uteslutas att marknaden på sina håll är tillräckligt stor för att fler än en tjänst kan nå konkurrenskraftig omfattning. Om monopoltendenser uppstår måste någon form av reglering övervägas. Det kan i så fall ske på olika sätt.

1) En privat aktör kan tillåtas bedriva en monopolistisk verksamhet samtidigt som konkurrenter förbjuds inom ett avgränsat geografiskt område. Vinstuttaget och tjänstens kvalitet regleras av offentlig aktör.

2) En offentlig aktör, antingen ett offentligt ägt bolag eller en förvaltning, tillåts bedriva en monopolistisk verksamhet samtidigt som konkurrenter förbjuds inom ett avgränsat geografiskt

område. En sådan aktör skulle kunna vara en regional kollektivtrafikmyndighet som därmed inkorporerar självkörande fordon i sin befintliga verksamhet.

3) En alternativ version av (1) och (2) är att monopolrättigheterna begränsas till trafikstyrning, datainsamling och administration. De enskilda fordonen ägs av privata företag eller privatpersoner som betalar en avgift till monopolet för att ansluta sig till nätverket. Avgiften regleras men prissättningen av tjänsten är fri. Monopolet kan förvaltas av både privat eller offentlig aktör.

Det kan inte heller uteslutas att marknaden på andra håll i Sverige är så liten att det saknas underlag för konkurrenskraftiga och fungerande delningstjänster. Under sådana omständigheter kan det finnas skäl för samhället att handla upp en sådan specificerad tjänst i kombination med att leverantören erbjuds ensamrätt inom området.

Nya styrmedel för trafiksäkerhet

När det inte längre finns någon förare behöver man förändra de styrmedel, i synnerhet i form av lagstiftning, som idag bidrar till en god trafiksäkerhet. Regler kring förares skyldigheter i form av körkortsregler, nykterhetskrav och hastighetsövervakning blir irrelevanta när det inte längre finns någon fysisk person som framför fordonet. Istället behövs ny lagstiftning kring vilka krav som ska ställas på de automatiserade fordonen. Ska det ställas krav på att fordonen inte får överträda hastighetsgränserna? Vilka regler ska finnas kring hur fordonen väljer att agera i situationer där de behöver prioritera mellan säkerheten hos de i fordonet och de utanför? Vem ska ställas till svars vid en olycka? Det är flera viktiga avvägningar som måste göras. Detta är frågor som i betydande utsträckning har analyserats av utredningen om självkörande fordon på väg.[195]

Regional kollektivtrafik

Risk för och möjlighet till parallella kollektivtrafiksystem

De nya delningstjänsterna som kan uppstå av automatisering kommer att utgöra en ny form av kollektivtrafik och distinktionen mellan den och konventionell subventionerad regional kollektivtrafik kan bli otydlig. Så som kollektivtrafiken är reglerad idag kan privat kollektivtrafik konkurrera med den offentligt subventionerade trafiken. I praktiken har det emellertid varit i mycket få fall som konkurrerande, osubventionerad regional trafik har etablerats. Kanske kan nya delningstjänster skapa bättre förutsättningar för nya innovativa trafiklösningar som också kan konkurrera med den traditionella regionala kollektivtrafiken. I dagens trafikpolitiska landskap skulle en sådan utveckling principiellt ses som positiv och kunna bidra till bättre tillgänglighet i linje med det transportpolitiska målet.

Det kan spekuleras kring om en sådan utveckling av parallella kollektivtrafiksystem kan ha väsentliga negativa konsekvenser. Finns det risk för fragmentering där *systemet* blir lidande och övergångar mellan olika tjänster försvåras. Finns det risk att eventuella nya tjänster ”plockar russinen ur kakan” och det offentliga främst har kvar de olönsamma linjerna eller tiderna? Blir det i så fall dyrare att driva detta än den trafik som bedrivs idag? Det kommer uppenbart att vara viktigt att följa utvecklingen. Det förefaller viktigt att den offentligt finansierade kollektivtrafiken tillåts erbjuda nya delningstjänster som inkluderar automatiserade fordon. Det ligger nära till hands att tro att sådana tjänster utvecklas av kommersiella aktörer, men de behöver inte nödvändigtvis produceras kommersiellt och de måste i alla händelser utvecklas i samarbete med den subventionerade kollektivtrafiken,

[195] SOU 2018:16, *Vägen till självkörande fordon*.

åtminstone innan vi står inför en omfattande grad av automatiserade transporttjänster. Kollektivtrafiklagstiftningen kommer sannolikt att behöva utvecklas över tiden.

Bättre kollektivtrafik på landsbygd med automatisering

Problem kan närmast uppstå i ett scenario där de nya delningstjänsterna i hög grad konkurrerar med subventionerad kollektivtrafik i områden med begränsat resandeunderlag så att tjänsterna utnyttjas suboptimalt.

Potentialen till förbättrad tillgänglighet med automatiserade fordon är som nämnts kanske som allra störst på landsbygden, där dagens kollektivtrafik ofta är bristfällig. En viktig fråga där är hur man ska dra gränsen mellan privata tjänster och offentligt finansierad kollektivtrafik. Det är svårt att se att det skulle finnas anledning att i begränsande syfte reglera privata tjänster för samåkning med automatiserade fordon. Kanske kan det däremot finnas skäl att reglera anropsstyrd trafik som tangerar den roll som taxi har i områden där resandeunderlaget är så litet att det inte finns underlag för mer än en aktör. Det kan härtill behövas ett förtydligande av skillnaden mellan taxi och ”tillåten samåkning” kopplat till aktuell skattelagstiftning.

Med automatisering där förarkostnaden försvinner kommer den typ av kollektivtrafik där resenären åtminstone till viss del kan styra över tid och plats för upphämtning och avhämtning att bli billigare och därmed mer attraktiv både för trafikhuvudmännen och resenärerna. En stor buss med chaufför och få fasta turer kan till samma eller lägre kostnad ersättas av små automatiserade fordon där resenären får större möjlighet att anpassa avgångstider och hållplatser vilket ökar tillgängligheten. Samtidigt är det möjligt att sådan trafikering skulle vara gångbar på rent kommersiella grunder även på vissa landsbygder. Det finns därmed inget självklart svar på frågan vilken roll det offentliga ska ta och var gränsen mellan offentligt subventionerad kollektivtrafik och privata tjänster ska dras. I ett inledande skede kan det dock vara lämpligt att kollektivtrafikhuvudmännen ges stor frihet att nyttja automatiseringens möjligheter för att erbjuda boende på landsbygden bättre och mer individanpassad kollektivtrafik, i varje fall för att öka kollektivtrafiken till den lägsta tillgänglighetsnivå som anses uppfylla den transportpolitisk målnivån.

Infrastruktur och bebyggelseplanering

Anpassning av infrastrukturen

Automatiseringen förväntas minska behovet av parkeringsyta på attraktiva platser men dessa behöver delvis ersättas med ny infrastruktur för att transportsystemet ska fungera väl. Som vi tidigare varit inne på kan emellertid frågan om behov av parkeringsplatser problematiseras. Av- och påstigningsplatser måste under alla omständigheter anläggas och utformas för en säker trafikmiljö, särskilt för ensamåkande barn och äldre, liksom för godstransporter.

De självkörande fordonen behöver också ha parkeringsytor under till exempel kvällar och nätter. Alla dagens parkeringsplatser kan därmed inte försvinna, men parkeringsplatser kan merutnyttjas. Idag står parkeringsplatser vid handelsplatser, arbetsområden och arenor som regel tomma betydande delar av dygnet. Det har också föreslagits att vissa filer på vägar med liten trafik på nätterna då istället skulle kunna användas som parkeringsplats för automatiska fordon. Det ska dock inte uteslutas att nya parkeringsytor kan behöva anläggas.

Det allmänna måste givetvis säkerställa att IT-infrastrukturen byggs ut för att hantera v2i-kommunikation.

Utglesning regleras av kommunerna

Städer och stadskärnor kommer av allt att döma att under överskådlig tid fortsatt vara attraktiva boendemiljöer för den urbana människan. I de större städerna är det en förhållandevis stor andel som företar sitt resande med färdsätt som i mindre utsträckning kommer att påverkas av automatisering, kapacitetsstark kollektivtrafik, gång och cykel. Bilpendlare påverkas i större utsträckning. Automatiseringen förväntas innebära att deras restidsvärden sänks. Det kan leda till att bilpendlare och potentiella bilpendlare väljer att bosätta sig längre från arbete och fritidsaktiviteter. På sikt kan bebyggelsestrukturen, främst de bilberoende områdena, glesas ut.

Det finns redan idag styrmedel för att begränsa utglesningen – det kommunala plan-monopolet. Det kräver dock till viss del regional samverkan p.g.a. arbetspendling över kommungränser.

6 Hur ska analys- och prognosmodeller anpassas till utvecklingen?

Analys- och prognosmodeller används idag för analyser av åtgärders effekter på transportsystemet och för att prognosticera trafikutvecklingen. Detta kapitel innehåller en beskrivning av hur analys- och prognosmodeller för nationella, regionala och kommunala planeringsfrågor troligtvis anpassas till en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system. Företags planeringsmodeller inkluderas inte här. Fokus i kapitlet är på vägtrafik.

Kapitlet inleds med en redovisning av vilka analys- och modellverktyg som behövs framöver för att analysera och prognosticera utvecklingen av uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system. Nästa del av kapitlet behandlar de nya krav som ställs på modeller och analysverktyg i framtiden. Denna del baseras till stora delar på ett uppdrag utfört av Sweco.

Allt talar för att tillgången till information om fordon och trafik kommer att vara markant annorlunda i en värld med automatiserade, samverkande och uppkopplade fordon. Tekniskt sett kan datatillgången vara mycket god, men avgörs i stor utsträckning av hur datatillgången regleras. Ur ett modellutvecklingsperspektiv går vi från en situation där vi i viktiga delar är beroende av den nationella resvaneundersökningen (med växande problem med svarsfrekvens) och den nationella varuflödesundersökningen till en situation där modell och prognosverksamheten kan dra nytta av Big data. Utmaningarna på väg till en framtid där Big data är grund för transportstatistik och transportmodeller ska inte underskattas.

Det scenario Sweco använt i sin analys har redovisats i avsnitt 3.2. De analys- och prognosmodeller som används idag beskrivs inledningsvis, följt av en presentation av anpassningar som troligtvis behöver göras i dagens modeller för att möta förändringarna.

6.1 Analys och prognostisering av utvecklingen av fordon, farkoster och system

Enligt uppdraget ska Trafikanalys ”redovisa vilka modell- och analysverktyg som behövs för att prognosticera utvecklingen av dessa fordon, farkoster och system”. För att kunna analysera och prognosticera utvecklingen, oavsett vilken egenskap som avses, behövs information om nuläget och önskvärt är även kunskapen om den historiska utvecklingen.

För de egenskaper som redovisas i detta uppdrag finns det varierande information om nuläget och karaktären på information som behövs varierar beroende av vilken egenskap och trafikslag som avses. I några fall handlar det om funktioner som direkt kan kopplas till fordonet

eller farkosten, i andra fall är det användningen av fordonet eller farkosten som är relevant och i ytterligare andra fall en kombination av egenskaper hos fordon och farkoster samt användningen.

Regeringen gav Trafikanalys 2016 ett uppdrag att redovisa en korttidsprognos och en långsiktig bedömning över (väg)fordonsflottans utveckling samt lämna förslag till hur redovisningen av statistik och prognoser långsiktigt ska organiseras.[196] Av uppdraget framgick att prognoserna ska redovisa uppgifter om fordonens drivmedel, utsläppsklass, vikt, fordonsår, ägarkategorier och om möjligt CO_2-värden. Uppdraget redovisades 2017 och Trafikanalys har därefter haft uppdrag i regleringsbrevet att redovisa korttidstidsprognoser för personbilar, lätta och tunga lastbilar och från år 2019 även bussar samt vartannat år göra en långtids-bedömning.

Av de egenskaper som ingår i detta uppdrag kan fossifrihet i till viss del sägas omfattas av de prognoser Trafikanalys gör idag genom att fordonens drivmedel och CO2-värden ingår, men prognoserna säger inget om den faktiska användningen av fordonen, till exempel hur fördelningen av körsträcka för el och fossila drivmedel ser ut för hybrider. Enligt definitionen av fossilfrihet som används i denna rapport så omfattas även fossilfrihet av att det finns försörjning av sådant drivmedel vilket inte heller ingår i Trafikanalys uppdrag om korttids-prognoser.

Beträffande övriga egenskaper och trafikslag finns idag inga prognoser. För vägtrafikfordon finns krav på att nya fordon som säljs inom EU från och med 1 april 2018 ska vara uppkopplade. Att fordon som såldes före det datumet också till stor del är uppkopplade är känt, men hur stor omfattningen är vet vi inte mer än att det är vanligare ju nyare fordonet är.

För automatisering av vägtrafikfordonen har vi ovan redovisat att det idag finns krav på att tunga lastbilar ska ha automatisk nödbroms och körfältsstöd, vidare finns förslag på att avancerade förstödsfunktioner ska bli obligatoriskt i nya bilar från år 2022. På motsvarande sätt som för uppkoppling kommer det att framöver gå att dra vissa slutsatser av fordons-parkens automatiseringsnivå med hjälp av fordonens ålder, men det kommer fortfarande att saknas information om vilken grad av självkörande fordonet klarar i vilka miljöer.

Trafikanalys har vid tidigare tillfällen framhållit vikten av statistik som beskriver fordonens nivå av automatisering och hur denna automatisering används[197] och att det därför är önskvärt om länderna inom EU kunde enas kring ett klassificeringssystem. Ett sådant system skulle sannolikt på sikt underlätta både det nationella och det europeiska transportpolitiska beslutsfattandet. För att kunna ge tillstånd till självkörande fordon i en större omfattning som inte baseras på individuella godkännanden av fordon behövs till exempel en mer systematiserad metod där egenskaper hos fordonet inklusive de trafikmiljöer det klarar ingår. Ett annat exempel på vikten av att känna till automatiska egenskaper hos fordonen är att det då går att premiera introduktionen av avancerat förarstöd på motsvarande sätt som för fordon med liten miljöpåverkan.

Samverkan mellan fordon, farkoster och system är en företeelse som är mycket komplicerad att analysera och prognosticera utvecklingen för. Det beror på att samverkan inte bara omfattar egenskaper i fordonet, som att det förutsätts att vara uppkopplat, utan även hur fordonet interagerar med andra fordon och övrig omgivning. Vidare finns olika nivåer av samverkan som behöver beskrivas från den enklaste formen där två fordon utbyter information med varandra som föraren kan välja att agera utifrån till en samverkan som

[196] Regeringsbeslut N2016/0244/TS, *Uppdrag att redovisa korttidsprognoser över fordonsflottans utveckling*.
[197] Trafikanalys PM 2018:3, *Fordon i framtiden.*

omfattar samtliga som rör sig i trafikmiljön och där fordonen automatiskt reagerar på informationen. Någon klassificering av olika nivåer av samverkan, till exempel som SAE-skalan för automatiserade fordon, har Trafikanalys inte stött på i arbetet med detta uppdrag, men en sådan är en bra utgångspunkt för en fortsatt analys av vad som krävs för att beskriva hur samverkan utvecklas.

Delning är ingen egenskap som kan kopplas direkt till fordonet och för att kunna beskriva denna utveckling behövs andra källor än fordonsregistret. En möjlig källa är att komplettera framtida resvaneundersökningar med frågor om delning. En annan tänkbar källa är de system som används för att förmedla delningstjänsterna. Tänkbara mått i en redovisning av delade resor kan vara antal resor eller persontransportarbete som utförs som delade resor.

6.2 Dagens analys- och prognosmodeller

Analys- och prognosmodeller används för analyser av åtgärders effekter på transportsystemet och för att prognosticera utvecklingen av trafik och transporter givet olika framtidsscenarion. Trafikverket ansvarar för att ta fram trafikprognoser och använder då i huvudsak de nationella transportmodellerna Sampers och Samgods. För beräkningar av den samhällsekonomiska lönsamheten av olika investeringar i transportinfrastrukturen kan resultaten från transport-modellerna användas i olika relaterade samhällsekonomiska kalkylverktyg. Det finns dessutom modellverktyg för mer detaljerade analyser på regional och urban nivå. Resultat från analyser med transportmodeller och samhällsekonomiska kalkylverktyg används som underlag till planering av åtgärder i transportsystemet, till exempel för att kvantifiera och värdera effekterna av olika åtgärder och för den mer långsiktiga planeringen av transport-systemet i form av prognoser av den framtida transportutvecklingen. Basprognoserna sträcker sig 15 till 25 år framåt i tiden. Nya basprognoser tas fram vartannat år.

Sampers

Sampers är en persontransportmodell som kan användas för trafikslagsövergripande analyser av persontransporter på nationell och regional nivå. Modellsystemet utgår från antaganden om (framtida) markanvändning, infrastruktur, kollektivtrafiktaxor, trängselskatter, med mera, och ger resultat i form av persontransporter med bil, buss, tåg, flyg, cykel och gång. Det är även möjligt att använda Sampers i s.k. backcasting-studier, där man undersöker vilka förändringar som behöver utföras för att nå ett visst framtida tillstånd, till exempel att nå klimatpolitiska mål.

Sampers har tre huvudsakliga moduler: *resefterfrågan*, *utbud och ruttval* samt *effektberäkning och samhällsekonomi*. Sampers efterfrågemodul bygger bland annat på data både från resvaneundersökningar respektive från studier där människor fått göra fiktiva val (så kallade stated preference-studier). De senare kan även ge information om hur människor ställer sig till alternativ som ännu inte existerar. Sampers beräknar hur många personresor som sker mellan olika start- och målpunkter (drygt 10 000 områden i hela landet), och hur de resorna fördelas på olika färdmedel. På kortare resor väljer resenärerna i modellen mellan gång, cykel, kollektivtrafik och bil, antingen som förare eller som passagerare. På längre resor står valet mellan flyg, bil, buss och tåg. Det kan observeras att det i den nuvarande modellstrukturen inte går att modellera multimodala resor (såvida man inte talar om kollektivtrafik i städer med såväl väg- som spårbunden trafik). Sådana beräkningar får göras utanför Sampers.

Ruttvalsberäkningar (nätutläggning), utförs i Sampers med den kommersiella programvaran Emme. Det är en makromodell där resenärsflöden, snarare än enskilda resenärer, beskrivs. Emme används både för bilresor och för kollektivresande. För mer detaljerad information angående Sampers hänvisas till Trafikverkets användarhandledning.[198]

Samgods

Den nationella godstransportmodellen Samgods är en normativ, kostnadsminimerande modell som kan användas för trafikslagsövergripande analyser av godstransporter på nationell nivå. I Trafikverkets utvecklingsplan har man pekat ut en önskan om att även inkludera möjligheten att modellera godstransporter på regional nivå. Efterfrågematriser konstrueras baserat på varuflödesundersökningen, utrikeshandelsstatistik, nationalräkenskaper, input-output-tabeller, sysselsättningsuppgifter och liknande. Efterfrågematriserna betraktas som helt oelastiska, det vill säga förändrade transportmöjligheter påverkar inte godsvolymer.

Transporterna allokeras till olika transportkedjor av den kostnadsminimerande logistik-modellen som beaktar kostnader för lastning/lossning och omlastning mellan trafikslag (i noder), infrastruktur- och transportkostnader (på länkar) samt ordersärkostnader och lager-hållningskostnader (fördelat på avsändare och mottagare). Transportkedjorna utgörs av olika kombinationer av väg-, järnvägs-, sjöfarts- och flygtransporter (med ett eller flera trafikslag). Transportmöjligheterna bestäms av nätverken för respektive trafikslag och fastställda omlastningsmöjligheter per varugrupp i lastbils- och järnvägsterminaler, hamnar, med mera.

Samhällsekonomiska kalkylverktyg

Samhällsekonomiska kalkylverktyg som används av Trafikverket är EVA, Bansek och Samkalk. EVA är en kalkylmodell för analys av väginvesteringar, Bansek, en kalkylmodell för analys av järnvägsinvesteringar och Samkalk, en modul för samhällsekonomiska kalkyler integrerad i Sampers. Lönsamheten avgörs genom en jämförelse mellan ett basscenario utan den studerade åtgärden och ett scenario där åtgärden ingår. Nyttor i form av till exempel tids-, kostnads-, miljö- och trafiksäkerhetseffekter värderas i monetära termer. Värderingen används sedan för att kunna avgöra huruvida den tänkta åtgärden är samhällsekonomiskt lönsam eller inte.

Mikro- och mesomodeller

Trafikmodeller på mikro- och mesonivå beskriver trafiksystemet i högre detaljeringsgrad än makromodeller som Sampers. Mikro- och mesomodeller används av Trafikverket och andra aktörer bland annat för att kunna analysera förekomsten av trängsel på ett mer korrekt sätt än vad som är möjligt i Sampers och Samkalk.

6.3 Modeller i framtiden

Då transportsystemet och dess användning förändras behövs nya modeller. Mindre förändringar kan göras genom att nuvarande modeller anpassas och utvecklas, medan större förändringar, som i detta perspektiv blir aktuella, kräver sannolikt nya modellkoncept. I vårt analytiska ramverk har vi till del utgått från Samgods och Sampers och studerat vilka andra egenskaper som krävs i förhållande till dem. De förändringar som en framtid med en stor

[198] Trafikverket 2018, *Sampers 3.4 Användarhandledning*.

andel uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon ger upphov till i Trafikverkets nuvarande modelluppsättning kan med den utgångspunkten delas in i två kategorier, förändringar i modellstrukturerna och förändringar kopplade till indatabehov.

En synpunkt på modellering i allmänhet är att för det fall att teknik- och samhällsutvecklingen leder till en stor andel självkörande fordon, så borde uppgiften att beskriva det på ett förenklat, aggregerat sätt i modellerna kunna hålla jämna steg med den utvecklingen. Jämfört med de tekniska svårigheterna och komplicerade legala aspekterna med att hantera självkörande fordon bör uppgiften att modellera detta på ett relevant sätt utgöra en mindre och hanterbar utmaning.

Generellt sett pågår ett mycket omfattande arbete runt om i världen för att utveckla tekniken för att möjliggöra introduktion av uppkopplade, självkörande fordonssystem i transport-systemet. Parallellt med detta förekommer mycket forskning och utveckling kring hur detta kan hanteras i de modell- och kalkylverktyg som behövs för att analysera hur transport-infrastrukturen behöver utvecklas och anpassas till utvecklingen. Det kommer också krävas modeller för direkt trafikstyrning. Vid en förestående resa eller transport kommer fordonets målpunkt, tillsammans med vissa fordonsdata som prövas mot trafikrestriktioner, rimligen behöva rapporteras till ”systemet” som bland annat omfattar en optimeringsmodell som avgör bästa färdväg också med beaktande av aktuell trafik och eventuella störningar i trafiksystemet.

Det amerikanska forskningsprogrammet NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) har en framtidsvision om en dynamisk nätverksmodell där uppkopplade och samverkande fordon kommunicerar med varandra och styrs av en övergripande styrmodell för att optimera trafiksystemets beteende.[199] En sådan modellösning kräver mycket prestanda. En framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon förväntas leda till ett ökat trafikarbete, vilket bör leda till ett större behov att styra trafiken mot ett effektivt utnyttjande av den befintliga kapaciteten i transportsystemet. Sådana behov kommer också att finnas på lokal nivå och kräver sannolikt att kommunala trafikförvaltningar använder, med dagens mått mätt, avancerade mikromodeller för trafikplanering och för trafikstyrning.

I en framtid med uppkopplade fordon kommer aktuell trafikinformation att finnas tillgänglig och det blir lättare att förutse körbeteenden då styrning och regleringar avgör hur fordonen kommer att bete sig. Framtidens realtidsinformation om aktuella trafikflöden kommer att ge en mer korrekt nulägesbild än dagens modeller. Policyanalyser och prognoser bör kunna utgå från en sådan bild. Det är möjligt att ett framtida analysbehov kommer att se annorlunda ut än idag. Sårbarhets- och osäkerhetsanalyser kan bli viktigare då känsligheten bland annat för cyberattacker ökar.

Persontransportmodeller

På flera håll i världen arbetar man med utvecklingsprojekt kring aktivitetsbaserade modeller för persontransporter, vilket innebär att efterfrågan på resor härleds från efterfrågan på att utföra aktiviteter. Syntetiska befolkningar skapas och för dessa skapas aktiviteter under dygnet som kräver resor. I visioner som presenteras av Zmud med flera (2018b)[200] görs nätutläggningen i sådana modeller mer avancerat än i dagens modeller, med frekventa

[199] Zmud, J., Williams, T., Outwate, M., Bradley, M., Kalra, N., & Row, S. (2018b), *Updating Regional Transportation Planning and Modeling Tools to Address Impacts of Connected and Automated Vehicles - Volume 2: Guidance. Washington, DC: Transportation Research Board, NCHRP*.
[200] Zmud, J., Williams, T., Outwate, M., Bradley, M., Kalra, N., & Row, S. (2018b), *Updating Regional Transportation Planning and Modeling Tools to Address Impacts of Connected and Automated Vehicles - Volume 2: Guidance. Washington, DC: Transportation Research Board, NCHRP*.

uppdateringar av ruttvalen för fordonen med mera. I ett forskningsprojekt på KTH har man gått från utveckling till implementering av en sådan aktivitetsbaserad modell.[201] Inom person-transportområdet kan sådana modeller mycket väl visa sig vara en vinnande lösning.

Troligt är att fler färdsätt kommer att behöva inkluderas i sådana modeller. Vägnät behöver kodas så att relevanta restriktioner beskrivs på ett ändamålsenligt sätt. Det är uppenbart i den verklighet där vissa områden eller körfält är dedikerade specifikt för självkörande fordon.

En fråga är hur potentiella retur-/parkerings-/mellankund-transporter för uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, privatägda eller tillgängliga genom en tjänst, ska modelleras. I persontransportmodeller skulle det kunna vara så att man baserat på historiska data estimerar vilka andelar av resor med automatiserade fordon som återvänder till basen (=hemmet) för nästa resa, och vilka andelar som väljer en parkering på lämplig närbelägen parkeringsplats. Parkeringskostnader på skilda ställen blir sannolikt en viktig faktor i modellen. För resor med delade automatiserade fordon kan det bli lämpligt att modellera hur de omdisponeras för att genomföra nästa uppdrag. Det är sannolikt en besvärligare uppgift än de ovanstående eftersom det i princip handlar om att lägga upp rutter i tid och rum som är rimliga. Vad som är rimligt beror sannolikt bland annat på affärsmodell och på hur många fordon som ingår i respektive fordonsflotta.

I efterfrågemodeller kan det således bli aktuellt att införa fler färdsätt för att bättre avspegla det utbud av transportmöjligheter som erbjuds. På personsidan, kommer det åtminstone under en övergångsperiod att både finnas möjlighet att äga (leasa) och köra en egen bil eller att anropa ett tillgängligt automatiskt fordon, där olika affärsmodeller kan innebära olika kostnadsbild. Det finns anledning att anta att det blir aktuellt att modellera detta som åtminstone två färdsätt med avseende på tillgänglighet och kostnader (inte minst för parkering). Kollektivtrafiken förväntas kunna förbättras/effektiviseras betydligt med fler anropsstyrda linjer eller tjänster. Det möjliggör en ökad tillgänglighet i många i situationer med en relativt låg efterfrågan. Kollektivtrafiken kan under sådana omständigheter utföras med mindre fordonstyper. Beroende på behoven av ombordpersonal för information, service, trygghet, och möjligen för biljettvisering, kan personalkostnaderna i kollektivtrafiken kraftigt minskas med automatiserade fordon.

Ruttvalsmodeller kommer att skifta paradigm. Från att som nu söka beskriva individers val av rutt blir uppgiften snarare att efterlikna den optimering eller nätutläggning som systemen för trafikstyrning åstadkommer. En aspekt att beakta i ruttvalsmodellerna är att eventuellt tillåta självkörande fordon att byta trafikslag från privat eller delad användning till små bussar som tillåts köra i kollektivkörfält (eller ges andra fördelar) i utbyte mot att de upplåter sittplatser till kollektivtrafikresenärer. Användningen av självkörande fordon kan alltså bli mer flexibel.

Godsmodeller

I framtidens godstransportmodeller kommer det behövas åtminstone en ny fordonstyp, automatiskt framförda lastbilar, som sannolikt ger lägre transportkostnader på grund av minskade personalkostnader, ökad utnyttjandegrad och kortare transporttider då automatiskt framförda fordon inte begränsas av kör- och vilotidsrestriktioner.

Samgods hanterar inte idag distributionsrutter. I en framtid med nya logistikupplägg som använder samverkande och automatiserade fordon för transport samt lastning och lossning,

[201] CTS 2016, *Årsrapport 2016 för Centrum för Transportstudier*.

kan det finnas ett ökat intresse att ta fram sådana modeller. Big data kan också skapa helt nya möjligheter för att utveckla och underhålla sådana modeller.

NCHRP har tagit fram omfattande dokumentation kring utvecklingen av uppkopplade, automatiserade och samverkande fordon. I de amerikanska NCHRP-rapporterna[202] anser man att dagens godstransportmodeller av mikrotyp efter uppdatering av framförallt kostnader bör fungera, vilket experter i Sverige bedömer som rimligt.[203] Trafikanalys bedömning är visserligen att de förändringar som sker till följd av automatisering och samverkan, ur ett modellperspektiv, är mindre på godsområdet än på persontransportområdet men att det även på godssidan sannolikt kommer att behöva tas fram nya modellkoncept i synnerhet för strategiska modeller. Med den goda datatillgång som rimligen kommer att finnas i ett automatiserat godstransportsystem kommer troligtvis inte modeller utvecklade i huvudsak på grundval av den nationella varuflödesundersökningen kunna konkurrera, bland annat avseende detaljeringsgrad. Sålunda kommer transportefterfrågan i grundläget vara mycket väl känd, begränsningen är närmast hur dataanvändningen regleras. Även på godssidan kommer nätutläggningsmodellen behöva följa en ny rationalitet som speglar systemets optimering snarare än kostnadsminimering för enskilda transporter.

Kommande indatabehov

I förhållande till dagens situation bör datainsamling successivt kunna underlättas i takt med att fler fordon blir uppkopplade. Även i sammanhang med en relativt liten andel helt, eller delvis, automatiserade och uppkopplade fordon torde det potentiellt finnas möjlighet att med hjälp av anonymiserade data estimera effekter.

I ett transportsystem med långt gången samverkan och automatisering kommer datatillgången således vara helt annorlunda än idag. Mycket detaljerade data om fordon och trafik kommer att finnas, frågan är närmast hur samhället vill reglera användningen av den. Om den detaljerade datan tillgängliggörs för modellutveckling och framtida prognostisering kommer det att skapa helt nya förutsättningar. Det är svårt att tro att denna data inte skulle få användas för modellutveckling, men det är också svårt att se att det inte skulle blir några restriktioner. Data kommer med all sannolikhet att anonymiseras.

Utvecklingen kommer som nämnts att ge upphov till beteendeförändringar, kostnads-förändringar och utsläppsförändringar (för annan än emissionsfri trafik) som ställer krav på både uppdateringar av den data som finns tillgänglig idag (förutsatt att de fortfarande behövs i morgondagens modeller), likväl som insamling av helt nya data. Värden som kommer att behöva estimeras på nytt och uppdateras är till exempel tidsvärden, reskostnader för persontrafik och transportkostnader för godstransporter. Det kommer att behövas data avseende helt nya beteenden och transportmöjligheter, såsom privatbilism för personer som inte innehar körkort.

Tidsvärden för resenärer är viktiga indata till prognos- och samhällsekonomiska modeller. Tidsvärdena (idag 30–120 kr/timme för privatresor och kring 300 kr/timme för tjänsteresor[204]) innebär att färdsätt med korta restider föredras framför de med längre och att förändringar på

[202] Bl.a. Zmud, J., Williams, T., Outwate, M., Bradley, M., Kalra, N., & Row, S. (2018b), *Updating Regional Transportation Planning and Modeling Tools to Address Impacts of Connected and Automated Vehicles - Volume 2: Guidance. Washington, DC: Transportation Research Board, NCHRP.*
[203] Sweco 2019, *Analys- och modellverktyg i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, Utr 2018/39.*
[204] Trafikverket 2018 ASEK 6:1. Version 2018:04–01, *Analysmetoder och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn.*

transportsystemet som förkortar restiden värderas högt. En anledning till att tidsvärdena är så pass höga, särskilt för tjänsteresor, är att restiden inte anses kunna användas till annat än själva resan. Restiden på fjärresor med tåg anses däremot kunna användas till annat såsom arbete och underhållning, varför dessa tidsvärden är lägre. I en framtid med självkörande fordon som möjliggör att tiden utnyttjas till exempelvis arbete är det troligt att tidsvärdena kan värderas lägre jämfört med manuell framdrift av fordonet.[205] Det kommer också att finnas fordon i systemet som saknar tidsvärdering i traditionell mening – tomma fordon som ompositioneras för ett nytt transportuppdrag eller för parkering.[206]

Reskostnader för delade automatiserade fordon uppskattas i en metastudie av Pernestål Brenden och Kristoffersson (2018)[207] som relativt sett låga (2–4 kr/km). Den låga reskostnaden kan göra användningen av delade automatiserade fordon attraktivt, då fordonet som används inte behöver parkeras och inte heller kräver körkort.

Transportkostnader för godstransporter är viktiga vid val av transportlösning. I en framtid med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon för godstransporter kan en stor del av förarkostnaderna för lastbilstransporter reduceras, eller helt elimineras.

Kör- och vilotidsbegränsningar blir inte relevanta om fordonsflottan automatiseras. Istället kan tekniska aspekter sätta körtidsbegränsningar. Körtider inkluderas dock inte specifikt i dagens Samgods, varför sådana förändringar inte kan analyseras i dagens modell. Mer avancerade lastbilar innebär i sig dyrare fordon, men det kan motverkas av att kostnader för förar-utrymmen kan elimineras. Det är troligt att kostnaderna totalt sett blir lägre. Automatisering av lastning och lossning är en sannolik utveckling, vilket skulle leda till lägre omlastnings-kostnader.

Transportutbud och -tillgång för personresor. I en framtid med samverkande automatiserade fordon skulle sannolikt både biltillgången, och därmed också bilanvändningen, öka, men det beror förstås på vilka styrmedel som implementeras framöver. Än så länge saknas underlag för att göra egentliga prognoser för biltillgången. Mycket beror också på vilka affärsmodeller som blir populära för automatiserade fordon. En aspekt som lyfts fram angående utbudet är att samverkande automatiserade fordon också skulle kunna komplettera kollektivtrafiken. I områden med glesare kollektivtrafik kan delade fordon fungera som matar-trafik till stråk där det sammantaget finns underlag för en god kollektivtrafik, något som också bör kunna hanteras av framtidens modeller.

Kapacitet i trafiknätverket. I ett fullt automatiserat och samverkande transportsystem avgörs kapaciteten i princip av hur väl trafikstyrningen är optimerad, givet fordon, vägnät och restriktioner. Med kunskap om vilka regler som programmeras i självkörande fordon och trafikstyrningssystem bör det gå att ta fram effektsamband av olika slag med mikrosimulering. Automatisering av fordon och system tillåter en större detaljreglering av trafiken. Geofencing kan exempelvis öka möjligheterna att endast släppa in vissa fordon av en viss fordonstyp i vissa trafikmiljöer. Tekniskt sett går det också att bestämma att trafiken på en länk ska uppgå till maximalt ett visst antal fordon per timme eller per minut. Åtminstone i mikromodeller kan det finnas behov av att beskriva trafiknäten i större detalj än idag. För prognoser krävs bilder av hur trafikstyrning, fordonsprestanda och andra relevanta egenskaper bedöms utvecklas i framtiden.

---

[205] Trafikanalys PM 2015, *Hur påverkar autonoma vägfordon framtida tidsvärdering?*
[206] Trafikanalys PM 2015, *Hur påverkar autonoma vägfordon framtida tidsvärdering*?
[207] Pernestål Brenden, A., & Kristoffersson, I. (2018). *Effects of driverless vehicles: A review of Simulations (CTS Working Paper 2018:11). Stockholm: Centre for Transport Studies.*

Samhällsekonomiska kalkyler. För värdering av samhällsekonomiska effekter, tillkommer att estimera mängden av externa effekter i form av bland annat emissioner, klimateffekter och olyckor som uppstår i ett system med självkörande fordon. I förväntningarna ingår att de självkörande bilarna väsentligen är eldrivna vilket inte ger några emissioner från fordonen själva. Huruvida fordonsproduktionens externa effekter ska inkluderas i den samhälls-ekonomiska värderingen av transporter är en definitionsfråga. Externa effekter i form av olyckor försvinner inte, men självkörande fordon förväntas leda till säkrare trafik och transporter än vad vi har idag. Här får tiden utvisa vilka risknivåer som blir resultatet. Sannolikt blir det aktuellt att skruva ner antalet olyckor mätt i termer av döda, svårt skadade och skadade per miljon fordonskilometer. I normalfall ingår inte bullervärderingar i samhälls-ekonomiska kalkyler för åtgärder i transportsystemet, men det kan i framtiden bli aktuellt. En framtid med fler självkörande fordon har även en påverkan på infrastrukturen då fordonen kör mer precist. Körfälten behöver därmed inte vara lika breda som vid manuell framdrift, däremot blir troligtvis spårbildningen kraftigare, förutsatt att den del av vägytan som utsätts för slitage har samma uppbyggnad som idag. Beroende av hur detta kommer att hanteras kan man behöva ändra värderingen av vägslitage från självkörande fordon.

7 Reflektioner

Det kan ligga nära till hands att ta nuläget för givet och underskatta betydelsen av de stora steg som tagits på väg dit vi nu är, också i termer av automatisering, uppkoppling och samordning inom transportsystemet. Bilar har idag automatiska funktioner som förarstöd. Det handlar om intelligenta farthållare, parkeringsassistans, automatisk anpassning av strålkastare, e-Call, etcetera. Fordon är direkt uppkopplade och hämtar exempelvis information om hastighetsbegränsningar på aktuellt vägavsnitt och köbildning i området. Inom både luftfart och sjöfart finns sedan lång tid förarstöd i form av autopilot och inom bägge dessa trafikslag finns det obligatoriska system för hur farkoster ska dela med sig av information om identitet, position, kurs och hastighet till andra i omgivningen. Inom järnvägen byggs ett avancerat trafikledningssystem ut och inom bantrafiken finns det flera exempel på förarlösa system. Exemplen på samverkan, i den mening vi här ger begreppet, är däremot få.

Det pågår en stor mängd forskning och utveckling i Sverige och utomlands för att utveckla transportsystemet med de möjligheter digitaliseringen ger. Mer eller mindre alla aktörer har ett intresse i utvecklingen. Tillverkare av fordon, infrastruktur och system vill ta fram konkurrens-kraftiga produkter. Åkare, redare, flygbolag och järnvägsoperatörer vill ha produkter som gör produkten mer efterfrågad och sparar pengar, och det offentliga samhället efterfrågar samhällsnytta och vill skapa goda förutsättningar för näringslivet. I den internationaliserade värld vi lever i kan dessa drivkrafter beskrivas som internationella (om inte globala) snarare än nationella.

Utvecklingen pågår inom samtliga trafikslag även om tyngdpunkten, totalt sett, ligger inom vägtrafiken. Den sektorn är i ekonomiska termer störst, men det är också den sektor där de relativa vinsterna med automatisering, kanske främst i form av insparade förarlöner är mest betydande. Utvecklingen sker på många olika nivåer från teknisk utveckling av detaljer i fordon och system till moraliska dilemman som ställs på sin spets beträffande trafiksäkerhet. Automatisering kan göra trafiken säkrare och spara människoliv – men kan vi över huvud taget acceptera att automatiska fordon ger upphov till olyckor med dödlig utgång?

Resultatet av utvecklingen kommer att få stora konsekvenser för hur vi organiserar samhället. Att redovisa en kunskapsöversikt inom ett område som innehåller så många dimensioner och där utvecklingen dessutom går fort är givetvis en stor utmaning. Uppkoppling, samverkan och automatisering är tydliga trender i denna utveckling, men tydliga definitioner av begreppen saknas. För att underlätta arbetet med denna rapport tog därför Trafikanalys fram operativa definitioner av begreppen.

Under arbetet har Trafikanalys konstaterat att de grundläggande förutsättningarna för uppkoppling och samverkan är lagda, men än så länge har mycket litet hänt, framför allt beträffande samverkan. Det ingick inte i uppdraget att analysera detta, inte heller att lämna förslag på hur utvecklingen kan accelereras så att vi kan tillgodogöra oss de nyttor som finns i den.

Icke desto mindre finns det några slutsatser som Trafikanalys dragit i detta arbete och som vi anser är viktiga att föra fram. Slutsatserna baseras på litteraturstudier, pressbevakning och samtal med olika aktörer involverade i utvecklingen.

Det krävs mycket samarbete internationellt mellan olika aktörer för att driva utvecklingen framåt på ett sådant sätt att vi kan skapa stordriftsfördelar. Standardisering är av vital betydelse. Samarbetsplattformarna som EU har, där olika intressenter kan mötas, är därför mycket viktiga för att skapa förtroendefulla samarbeten mellan parter med olika perspektiv och som ibland också är konkurrenter till varandra. Sverige var tidigtb en mycket aktiv part på den internationella arenan, både från statens och från näringslivets sida. Det är viktigt att Sverige fortsatt intar en drivande roll.

Även i Sverige har samverkan mycket stor betydelse för att främja utvecklingen. Det offentliga har en viktig roll för att ha en beredskap att successivt anpassa regelverken. Med det utredningsarbete som företagits beträffande automatiska vägfordon har Sverige skapat ett gott utgångsläge, men de största utmaningarna ligger framför oss. Positiv utveckling ska inte hämmas samtidigt som risker hanteras.

Tillgången till öppna data från såväl offentligt som privat håll är en nyckelfaktor för utvecklingen.

Frågan om sårbarhet och informationssäkerhet blir viktig för alla parter. Om system kan hackas och missbrukas kommer det allvarligt att skada förtroendet för den som ansvarar för produkten eller systemet. För staten handlar det också om säkerhetspolitik. Frågorna förtjänar ett större löpande intresse och en djupare analys än vad som hittills har skett.

Det är inom vägtrafiken de största vinsterna med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon finns, men det är också här utmaningarna är störst. Det kommer att vara en lång period där trafiken består av både automatiserade och manuellt körda fordon. Även om en evolutionär och disruptiv utveckling kan gå hand i hand så finns en tendens till att det är mer fokus på de långsiktiga visionerna om det förarlösa samhället än på de tjänster som kan introduceras på kort sikt, till exempel olika typer av förarstöd.

Säkerheten kommer att vara styrande för när olika automatiserade funktioner godkänns i allmän trafik. En särskild utmaning för det offentliga blir att fastställa och kunna validera den acceptabla säkerhetsnivån. Blir säkerhetsnivån för låg vid acceptans av funktionen riskeras den allmänna acceptansen, om den däremot blir alltför hög kommer en potential för samhällsekonomiska vinster i form av sparade liv att realiseras för sent. I vilken utsträckning ska säkerheten byggas in i fordonen, och i vilken utsträckning ska infrastrukturen anpassas exempelvis genom att fordon tydligare skiljs från oskyddade trafikanter.

Källförteckning

AAA webbplats, *Three in four americans remain afraid of fully self-driving vehicles.* https://newsroom.aaa.com/2019/03/americans-fear-self-driving-cars-survey/

Banenor, *ERTMS for dummys*. www.banenor.no/globalassets/documents/ertms/ertms-for-dummys.xps

Brottsförebyggande rådet Rapport 2019:1, *Nationella trygghetsundersökningen 2018.*

Brottsförebyggande rådet, *Kriminalstatistik*. https://bra.se/statistik/kriminalstatistik.html

Centrum för Transportstudier CTS 2016, *Årsrapport 2016 för Centrum för Transportstudier.*

Dagens nyheter 2019-03-30, *Vad händer i en cockpit när allt havererar?* www.dn.se/ekonomi/vad-hander-i-en-cockpit-nar-allt-havererar/

Demmel, S., Gruyer, D., Burkhardt, J. M., Glaser, S., Larue, G., Orfila, O., & Rakotonirainy, A. (2019), *Global risk assessment in an autonomous driving context: Impact on both the car and the driver. IFAC-PapersOnLine, 51(34), 390–395.*

ECB.se, *De första användarna har loggat in i EC2B-appen*. https://ec2b.se/de-forsta-anvandarna-har-loggat-in-i-ec2b-appen/

ENISA 2018, *Annual Report Telecom Security Incidents.* www.enisa.europa.eu/publications/annual-report-telecom-security-incidents-2018

eSam 2018, *Rättsligt uttalande om röjande och molntjänster.* www.esamverka.se/download/18.290a0225166bfafb714c0c7a/1542007824143/eSam%20-%20Ra%CC%88ttsligt%20uttalande%20om%20ro%CC%88jande%20och%20molntj%C3%A4nster.pdf

Eurocontrol, *Enhanced Tactical Flow Management System.* www.eurocontrol.int/articles/enhanced-tactical-flow-management-system-etfms

Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/40/EU, *om ett ramverk för införande av intelligenta transportsystem på vägtransportområdet och för gränssnitt mot andra transportslag.*

Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2016/679, *om skydd för fysiska personer med avseende på behandling av personuppgifter mm.*

Europeiska kommissionen, *Motorways of the Sea.* https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/motorways_sea_en

Europeiska kommissionen, *Cooperative, connected and automated mobility (CCAM).* https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en

Europeiska kommissionen. Förordning (EU) nr 347/2012 av den 16 april 2012, *om genomförande av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 661/2009 vad gäller krav för typgodkännande av vissa kategorier av motorfordon avseende avancerade nödbromssystem.*

Europeiska kommissionen 2016, *Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report.* https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2016-c-its-deployment-study-final-report.pdf

Europeiska kommissionen COM(2016) 766 Final, *En europeisk strategi för samverkande intelligenta transportsystem, en milstolpe mot samverkande, uppkopplad och automatiserad rörlighet.*

Europeiska kommissionen Pressmeddelande 2018-05-17, *Europa på väg: Sista delen av EU-kommissionens agenda för säker, ren och uppkopplad mobilitet*. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3708_sv.htm

Europeiska kommissionen 2018, *Official launch event of the European Network of U-space Demonstrators*. https://ec.europa.eu/transport/modes/air/events/launch-european-network-u-space-demonstrators_en

Europeiska kommissionen COM(2018) 283 final, *Vägen mot automatiserad rörlighet – en EU-strategi för framtidens rörlighet.*

Europeiska kommissionen COM(2018) 286 final, *Förslag till Europaparlamentets och rådets förordning om krav för typgodkännande av motorfordon mm.*

Europeiska kommissionen (EU) 2018/1048, *Genomförandeförordning om krav för användning av luftrummet och operativa förfaranden avseende prestandabaserad navigation.*

Europeiska kommissionen C(2019) 1789 final, *komplettering av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/40/EU vad gäller införande och operativ användning av samverkande intelligenta transportsystem.*

Europeiska kommissionen 2019, *Air safety list.* https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/air-safety-list_en.pdf

Europeiska kommissionen 2019, *Open call for applications for the single platform for open road testing and pre-deployment of cooperative, connected, automated & autonomous mobility*. https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/move_single_platform_call-for-applications_v1.0.pd f

FOI 2018 Memo 6358, *NCS3 – Elektroniska styrsystem i tunga fordon*.

Forskning.se, *Skulle du sätta dig i en självkörande bil?* www.forskning.se/2017/08/22/skulle-du-satta-dig-i-en-sjalvkorande-bil/

Havsmiljöinstitutet rapport 2014:4, *Sjöfarten kring Sverige och dess påverkan på havsmiljön.* http://havsmiljoinstitutet.se/digitalAssets/1488/1488843_sjofart_och_havsmiljo.pdf

Hofmann, A., Wheatley, S., & Sornette, D. (2019), *Heavy-Tailed Data Breaches in the Nat-Cat Framework & the Challenge of Insuring Cyber Risks. arXiv preprint arXiv:1901.00699. (Manus inskickat till The Geneva Papers).*

inframix.eu, www.inframix.eu/

Interreg Central baltic, *Programme 2014–2020 project database*. http://database.centralbaltic.eu/project/96

K2 Omvärldsanalys 4 2017, *K2s Strategiska Case Integrerade Mobilitetstjänster*.

Kommittédirektiv 2015:114, *Självkörande fordon på väg*.

Kommittédirektiv 2018:85, *Samordnad och accelererad policyutveckling kopplad till den fjärde industriella revolutionens teknologier.*

Kommittédirektiv 2018:93, *Utredning om åtgärder för att främja bil-, motorcykel- och mopedpoolstjänster.*

Kristoffersen Ida, Pernestål Brenden Anna, Mattsson Lars-Göran (2018*), Framtidsscenarier för självkörande fordon på väg Samhällseffekter 2030 med utblick mot 2050 Bilaga 3 SoU 2018:16.*

KTH Järnvägsgruppen Rapport 0504 2005, *Effektiva tågsystem för godstransporter – en systemstudie.*

Lim, H., & Taeihagh, A. (2018), *Autonomous vehicles for smart and sustainable cities: An in-depth exploration of privacy and cybersecurity implications. Energies, 11(5), 1062.*

Luftfartsverket 2018 D-2018-150947, *Konsekvenser vid införandet av flygtrafikledning på distans vid det statliga basutbudet av flygplatser.*

Luftfartsverket 2018, *Förteckning över radionavigationshjälpmedel* https://aro.lfv.se/Editorial/View/5771/ES_GEN_2_5_en

Luftfartsverket 2019 LFV D-2019-161405*, Fördjupad studie avseende utformning av det svenska luftrummet.*

Lunds universitet 2010. *Säkrare fordon genom integrerade säkerhetssystem - en litteraturstudie Almqvist, Sverker; Varhelyi, Andras; Larsson, Annika.* http://lup.lub.lu.se/search/ws/files/5621283/1784469.pdf

Metroselskabet, *Om metroen*. www.m.dk/#!/om+metroen/facts+om+metroen

Milakis, D., van Arem, B., & van Wee, B. (2017), *Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. Journal of Intelligent Transport Systems, 21(4), 324–348. doi:10.1080/15472450.2017.1291351.*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB) webbplats, *Stöd inom området informationssäkerhet*. www.msb.se/sv/Forebyggande/Informationssakerhet/Stod-inom-informationssakerhet/

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap MSB 976 2016. *Terminologi och begrepp inom informationssäkerhet.*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap Publikation MSB1305 2018, *Vägledning för anmälan och identifiering av leverantörer av samhällsviktiga tjänster.*

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap MSB1351- mars 2019, *Samlad informations- och cybersäkerhetshandlingsplan för åren 2019–2022.*

Naturvårdsverket.se, *Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser.* www.naturvardsverket.se/klimatutslapp

Nordic way, *Final report*. https://uploads-ssl.webflow.com/5c487d8f7febe4125879c2d8/5c5c02c69c00c4851bedf1cb_NordicWay_Final%20Report.pdf

Nyhetsbrev om AD. 446, https://omad.tech/pa-vag-mot-en-perfekt-lidar/

nuro.ai, *The self-driving vehicle made for local goods transportation*. https://nuro.ai/product

Ny Teknik 2014-03-28, *Därför kopplar jättarna upp sina bilar.* www.nyteknik.se/fordon/darfor-kopplar-jattarna-upp-sina-bilar-6398669

Ny Teknik 2018-01-08, *Aurora ska göra Hyundai och Volkswagen självkörande*. www.nyteknik.se/fordon/aurora-ska-gora-hyundai-och-volkswagen-sjalvkorande-6891980

Ntf.se, *Antisladdsystem*. https://ntf.se/konsumentupplysning/bilar/skyddssystem/antisladdsystem /

Pernestål Brenden, Anna och Kottenhoff, Karl (2017), *Självkörande fordon som komplement till kollektivtrafiken – en förstudie för Stockholm*. www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1305137/FULLTEXT01.pdf

Pernestål Brenden, A., & Kristoffersson, I. (2018), *Effects of driverless vehicles: A review of Simulations (CTS Working Paper 2018:11). Stockholm: Centre for Transport Studies.*

Port of Rotterdam, *What can ports learn from digitisation in sectors like food, retail and travel?* www.portofrotterdam.nl https://vimeo.com/259128459

Port of Rotterdam, *State Inspection Terminal.* www.portofrotterdam.com/en/doing-business/services/service-range/port-customs/state-inspection-terminal

Regeringskansliets webbplats, *Agenda 2030 för hållbar utveckling*. www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-for-hallbar-utveckling/

Regeringskansliets webbplats, *Det klimatpolitiska ramverket.* www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/

Regeringskansliets webbplats, *Remiss av SOU 2018:16 Vägen till självkörande fordon.* www.regeringen.se/remisser/2018/04/remiss-av-sou-201816-vagen-till-sjalvkorande-fordon/

Regeringsbeslut N2016/0244/TS, *Uppdrag att redovisa korttidsprognoser över fordonsflottans utveckling.*

Regeringsbeslut N2017/05987/TS*, Uppdrag att genomföra test- och demonstrationsprojekt med geostaket i urbana miljöer.*

Regeringsbeslut N2018/03935/MRT, N2017/02238/MRT delvis, *Uppdrag att ta fram underlag om obemannade luftfartyg så kallade drönare.*

Regeringsbeslut N2019/00388/TIF, *Uppdrag att vidta åtgärder för att öka säkerheten vid plankorsningar på den statliga järnvägen.*

Riksrevisionen RiR 2018:21 *Nytt signalsystem för järnvägen - effektiviteten i införandet av ERTMS.*

Samtrafiken.se https://samtrafiken.atlassian.net/wiki/spaces/BOB/pages/812220424/List+of+Participant+IDs+PID+and+known+implementations

Samverkansprogrammet Nästa generationsresor och transporter, *Kombinerad mobilitet som tjänst i Sverige. Revision 2 November 2018.* https://kompis.me/wp-content/uploads/2019/01/Färdplan-28nov-SWE-low.pdf

SAS Scandinavian traveler, *Hur ofta flyger man egentligen med autopiloten?* https://scandinaviantraveler.com/se/flyg/hur-ofta-flyger-man-egentligen-med-autopiloten

Scania.com, *Scania och Rio Tinto testar autonom gruvlastbil i västra Australien.* www.scania.com/group/en/scania-och-rio- tinto-testar-autonom-gruvlastbil-i-vastra-australien/

SCB:s statistikdatabas, *Företag (FDB) efter näringsgren och storlek*. www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__NV__NV0101/FDBR07N/?rxid=10d8626f-5c51-4b40-a451-a1f7d7a06413

SCB:s statistikdatabas, *Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter efter växthusgas och transportslag. År 1990–2017,* www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__NV__NV0101/FDBR07N/?rxid=10d8626f-5c51-4b40-a451-a1f7d7a06413

Sea Traffic management, *Real time ferries.* www.stmvalidation.eu/projects/real-time-ferries /

Sea Traffic management, *STM BALT SAFE*. www.stmvalidation.eu/projects/stm-balt-safe/

Shift2Rail. https://shift2rail.org/about-shift2rail/

SKYbrary.aero, *Airborne Collision Avoidance System (ACAS)* www.skybrary.aero/index.php/Airborne_Collision_Avoidance_System_(ACAS)

siemens.com*, Siemens Teaching trams to drive.* https://new.siemens.com/global/en/products/mobility/rail-solutions/rolling-stock/trams-and-light-rail/autonomous-tram.html

Sjöfartsverkets författningssamling SJÖFS 2018:18, *Sjöfartsverkets föreskrifter om farledsavgift.*

SOU 2013:84, *Fossilfrihet på väg.*

SOU 2017:16, *Delningsekonomi på användarnas villkor.*

SOU 2018:16, *Vägen till självkörande fordon.*

stockholm.se. *Nya tjänster nya resvanor - det sades på seminariet.* www.stockholm.se/Fristaende-webbplatser/Fackforvaltningssajter/Miljoforvaltningen/Miljobilar/Nyheter-och-press/Nyheter-och-press/Nyheter/Nya-tjanster-nya-resvanor---det-sades-pa-seminariet/

Svenska Dagbladet 20160527, *Trots "tydligt fel" hos Telia – utredningen fortsätter.* www.svd.se/fortsatt-utredning-trots-fel-hos-telia/om/luftfartsverket

Svensk handel 2018, *Det stora detaljhandelsskiftet.* www.svenskhandel.se/globalassets/dokument/aktuellt-och-opinion/pressmeddelande/rapport_det-stora-detaljhandelsskiftet_2018-digital-version.pdf

Sweco 2019, *Analys- och modellverktyg i en framtid med mer uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, Utr 2018/39. Rapport framtagen på uppdrag av Trafikanalys.*

Teknikbloggen, http://teknikochtillvaxt.se/svenska-facits-uppgang-och-fall/

teknikdygnet.se, *ÅF och Volvo Cars samarbetar –tar fram lösning till Trafikverket.* https://teknikdygnet.se/2018/09/27/af-och-volvo-cars-samarbetar-tar-fram-losning-till-trafikverket/

TMEIC.com, Blaikloick Paul, TMEIC Roanoke, Virginia.

Tonn, G., Kesan, J. P., Zhang, L., & Czajkowski, J. (2019), *Cyber risk and insurance for transportation infrastructure. Transport Policy, 79, 103–114.*

topbrainscience.com, *Hur känner Google Maps om trafikförhållanden?* https://topbrainscience.com/how-does-google-maps-know-about-traffic-conditions-69120

tpsams.se

Trafikanalys PM 2015, *Hur påverkar autonoma vägfordon framtida tidsvärdering?*

Trafikanalys PM 2016:5, *Urbana godstransporter.*

Trafikanalys Rapport 2016:7, *Godstransporter i Sverige -en nulägesanalys.*

Trafikanalys Rapport 2016:15, *Nya tjänster för delad mobilitet.*

Trafikanalys Rapport 2017:20, *Självkörande fordon och transportpolitiska mål.*

Trafikanalys Rapport 2017:24, *Inventering av kunskapsunderlag om järnvägstransporter – delredovisning.*

Trafikanalys PM 2018:2, *ABC om styrmedel.*

Trafikanalys PM 2018:3, *Fordon i framtiden.*

Trafikanalys PM 2018:6, *Sårbarheter i transportsystemet.*

Trafikanalys Rapport 2018:17, *Perspektiv på resor och möjligheter att resa.*

Trafikanalys Statistik 2018:17, *Bantrafik 2017.*

Trafikanalys Rapport 2019:1, *En breddad ekobonus.*

Trafikanalys Rapport 2019:6, *Uppföljning av de transportpolitiska målen 2019.*

Trafikanalys Statistik 2019:4, *Fordon 2018.*

Trafikanalys Statistik 2019:8, *Luftfart 2018.*

Trafikanalys Statistik 2019:10, *Körsträckor 2018.*

Trafikanalys Statistik 2019:15, *Kvalitetsdeklaration Sjötrafik 2018.*

Trafiken.nu, *Vanliga frågor*. https://trafiken.nu/stockholm/sidfot/vanliga-fragor/

Trafikverket.se, *Det svenska vägnätet*. www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Sveriges-vagnat/

Trafikverket.se, *Transportdispens*. www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/Transportdispens/

Trafikverket 2018, *Redovisning av regeringsuppdrag test- och demoprojekt med geostaket i urbana miljöer.* www.trafikverket.se/contentassets/3a91aeae21fe4d16a93daad62d6443bf/handlingsplan---gemensam-kraftsamling-kring-digitalisering-for-sakra-och-smarta-stadsmiljoer.pdf

Trafikverket.se, *Identifiering och positionering av järnvägsfordon (RFID).* www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/trafik/identifiering-och-positionering-av-jarnvagsfordon-rfid/

Trafikverket.se, *Skötsel av broar*. www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-broar-och-tunnlar/Skotsel-av-broar/

Trafikverket.se. *Plankorsningar – korsningar mellan väg och järnväg.* www.trafikverket.se/resa-och-trafik/Trafiksakerhet/Din-sakerhet-vid-jarnvag/Plankorsningar/

Trafikverket 2014*, Nationell strategi och handlingsplan för användning av ITS.*

Trafikverket Rapport 2016-01-21, *Nationell behovsanalys.* www.trafikverket.se/contentassets/a63eef605b3644caad0758ca6dbb346a/rapport_nationell_behovsanalys_160121.pdf

Trafikverket 2017:215*, Komplettering till Nationell strategi och handlingsplan för användning av intelligenta transportsystem i Sverige*.

Trafikverket.se, *Pressmeddelande 2018-05-29.* www.trafikverket.se/om-oss/pressrum/pressmeddelanden/Nationellt/2018/2018-05/svensk-kraftsamling-med-geofencing-for-sakrare-och-smartare-stadsmiljoer/

Trafikverket 2018, *Broschyr järnvägsnätsbeskrivning*. https://trafikverket.ineko.se/Files/en-US/17178/Ineko.Product.RelatedFiles/100831_att_trafikera_jarnvagen_jnb_2018.pdf

Trafikverket 2018 ASEK 6:1 Version 2018:04–01, *Analysmetoder och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn.*

Trafikverket 2018 Rapport TRV 2018, *Transportövergripande risk- och sårbarhetsanalys*.

Trafikverket 2018, *Sampers 3.4 Användarhandledning.*

Trafikverket 2018, *Trender i transportsystemet – Trafikverkets omvärldsanalys 2018*.

Transport-, Bygnings- og Boligministeriet 2018, *Avrapportering Ekspertgruppen Mobilitet for fremtiden.* www.trm.dk/da/publikationer/2018/afrapportering-mobilitet-for-fremtiden

Transport for London, *Docklands Light Railway* https://tfl.gov.uk/corporate/about-tfl/what-we-do/docklands-light-railway

Transportstyrelsen.se, *ICAO*. www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/Regler-for-luftfart/Internationella-organisationer/ICAO-/

Transportstyrelsens författningssamling TsFS 2009:56,*Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om sjötrafikinformationstjänst (VTS) och sjötrafikrapporteringssystem (SRS).*

Transportstyrelsen.se Pressmeddelande 2016-03-23, *UberPOP är olaga taxitrafik.* www.transportstyrelsen.se/sv/Nyhetsarkiv/uberpop-ar-olaga-taxitrafik/

Transportstyrelsen TSFS 2017:88*, Föreskrifter och allmänna råd om lotsning.*

Transportstyrelsen 2018 TSG 2018–2620*, Omvärldsanalys 2040–2070*.

Transportstyrelsen 2018, *Transportstyrelsens omvärldsanalys inom sjö- och luftfart 2018 och framåt.*

topbrainscience.com. *Hur känner Google Maps om trafikförhållanden?* https://topbrainscience.com/how-does-google-maps-know-about-traffic-conditions-69120

UK Gov 2019, *Cyber Security Breaches Survey 2019, Official Statistics. Department for Digital, Culture, Media and Sport.*

Verhoeven Patrick UNCTAD 2018, *What will shape the port sector in the next 50 years?, 50 years of review of Maritime transport.*

Vinnova, *Fordonsstrategisk forskning och innovation.* www.vinnova.se/m/fordonsstrategisk-forskning-och-innovation/

volvocars.com, *Volvo Cars och Volvo Lastvagnar delar fordonsdata i realtid med varandra för ökad trafiksäkerhet.* www.media.volvocars.com/se/sv-se/media/pressreleases/228574/volvo-cars-och-volvo-lastvagnar-delar-fordonsdata-i-realtid-med-varandra-for-okad-trafiksakerhet

Världsbanken, *LPI home.* https://lpi.worldbank.org/

Wadud, Zia 2017, *Transportation Research Part A 101 (2017) Fully automated vehicles: A cost of ownership analysis to inform early adoption.*

Westerdahl och Bengtsson 2019 FOI-R--4735--SE, MSB 2018-10654*, NCS3 - Hotanalys av ett informationssystem för transport av farligt gods.*

Wikipedia, *Öppningsbara broar i Sverige.* https://sv.wikipedia.org/wiki/Lista_%C3%B6ver_%C3%B6ppningsbara_broar_i_Sverige

World Economic Forum. www.weforum.org/

World Economic Forum, *The Global Risks Report* www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019

WSP 2019, *Styrmedel vid automatisering. Rapport framtagen på uppdrag av Trafikanalys.*

Zmud, J., Williams, T., Outwate, M., Bradley, M., Kalra, N., & Row, S. (2018b), *Updating Regional Transportation Planning and Modeling Tools to Address Impacts of Connected and Automated Vehicles - Volume 2: Guidance. Washington, DC: Transportation Research Board, NCHRP.*

Bilaga 1 Regeringsuppdrag

Regeringen

Regeringsbeslut **II 8**

2018-05-31
N2018/03395/TS

Näringsdepartementet

Trafikanalys
Torsgatan 30
113 21 Stockholm

Uppdrag att ta fram ett kunskapsunderlag som belyser utmaningar och möjligheter med uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system

Regeringens beslut

Regeringen uppdrar åt Trafikanalys att ta fram ett trafikslagsövergripande kunskapsunderlag som belyser vilka effekter som uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system ger upphov till inom transportområdet. I uppdraget ingår att analysera behovet av ytterligare åtgärder samt offentliga aktörers ansvar och roller för att utvecklingen mot uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system ska bidra till att nå de transportpolitiska målen.

I uppdraget ingår att utreda dels vilka effekter som kan väntas när det gäller de transportpolitiska målen och andra relevanta mål gällande exempelvis trafiksäkerhet (inklusive sjö- och luftfartssäkerhet), klimat- och miljöpåverkan, kapacitetsutnyttjande av infrastruktur, dels om och hur transportsystemet skulle kunna användas mer effektivt med fler uppkopplade, samverkande, automatiserade, delade och fossilfria fordon, farkoster och system utan att äventyra bl.a. integritet, datasäkerhet och samhällets sårbarhet.

I uppdraget ingår att Trafikanalys ska:

- Redovisa vilka transportpolitiska styrmedel som bör användas och hur, för att främja en utveckling av samhället mot uppfyllandet av de transportpolitiska målen och andra relevanta mål, med utgångspunkt i en utveckling av uppkopplade, samverkande, delade och automatiserade fordon, farkoster och system. I detta ingår att analysera

Telefonväxel: 08-405 10 00
Fax: 08-411 36 16
Webb: www.regeringen.se

Postadress: 103 33 Stockholm
Besöksadress: Mäster Samuelsgatan 70
E-post: n.registrator@regeringskansliet.se

och bedöma i vilken utsträckning existerande styrmedel behöver justeras alternativt fasas ut.

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

Vid genomförandet av uppdraget ska Trafikanalys föra en dialog med berörda myndigheter och aktörer. Uppdraget ska utgå från tidigare analyser och utredningar som berör området, såsom Utredningen om självkörande fordons slutbetänkande Vägen till självkörande fordon – introduktion (SOU 2018:16) samt rapporter från Trafikanalys och Statens väg- och transportforskningsinstitut.

Trafikanalys ska redovisa uppdraget till Regeringskansliet (Näringsdepartementet) senast den 15 juni 2019.

Skälen för regeringens beslut

Transportpolitikens övergripande mål är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgare och näringsliv i hela landet. Regeringens ambition är att Sverige ska bli det första fossilfria välfärdslandet i världen. I juni 2017 beslutade riksdagen om ett klimatpolitiskt ramverk som innehåller en klimatlag och nya ambitiösa klimatmål. Ett av dessa mål är ett sektorsmål som anger att växthusgasutsläppen för inrikes transporter, utom inrikes flyg, ska minska med 70 procent senast år 2030 jämfört med 2010. Åtgärder inom transportområdet ska även bidra till genomförandet av Agenda 2030 och de globala målen för hållbar utveckling.

Genom att ta tillvara de möjligheter som digitaliseringen och automatiseringen erbjuder kan uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system bidra till en bättre livsmiljö både när det gäller buller och luftkvalitet, minskad klimatpåverkan, effektivare användning av infrastruktur och säkrare resor, samtidigt som människors och näringslivets tillgänglighet blir bättre i hela landet.

Det finns i dag snabbt framväxande trender som förväntas revolutionera transportmönstren och därmed omforma transportsystemet. Bland dessa

märks exempelvis automatiserade fordon och storskaliga intelligenta transportsystem med uppkopplade och samverkande fordon. Utvecklingen av en mer cirkulär ekonomi kan bidra till ökat nyttjande av befintlig transportkapacitet. Digitalisering ger även möjlighet att skapa tillgänglighet utan förflyttning.

Den samlade effekten av de aktuella trenderna kan bli positiv för såväl samhället i sin helhet, som för individer och näringsliv samt göra transportsystemet mer hållbart och effektivt. Transportstyrning skulle exempelvis kunna medföra att trängseln och utsläppen minskar avsevärt, särskilt i kombination med elektrifiering av fordon och farkoster samt utbyggnad av infrastruktur för detta. Även trafiksäkerheten kan öka när den mänskliga faktorn får en mindre påverkan och relevant trafiksäkerhetskritisk information delas mellan fordon. Uppkopplade, samverkande och automatiserade fordon, farkoster och system kan väsentligt öka nyttjandegraden av fordonsflottan och möjliggöra trafikslagsövergripande transportlösningar, minska resursutnyttjandet, frigöra utrymmen i växande städer och öka tillgängligheten på landsbygden.

För att hantera riskerna och understödja en utveckling med samhällsnyttorna i fokus behövs ett förbättrat kunskapsunderlag. Konkret behövs en samlad satsning där samhällsnyttorna av uppkopplade, självkörande, automatiserade och fossilfria fordon, farkoster och system sätts i fokus. En djupare analys inom detta område förbättrar möjligheterna att identifiera områden där reglering eller andra styrmedel krävs för att åstadkomma nytta på samhällsnivå, att identifiera vilka styrmedel som sannolikt har störst positiv effekt, och att skapa den framförhållning och planeringshorisont som krävs bland annat för infrastrukturella beslut.

På regeringens vägnar

Tomas Eneroth

Åsa Vagland

Kopia till

Statsrådsberedningen/SAM
Finansdepartementet/BA
Miljö- och energidepartementet/KL och ME
Näringsdepartementet/FÖF, IFK, MRT, RS, SPN, SUBT och TIF
Trafikanalys
Trafikverket

TRAFIK ANALYS

Trafikanalys är en kunskapsmyndighet för transportpolitiken. Vi analyserar och utvärderar föreslagna och genomförda åtgärder inom transportpolitiken. Vi ansvarar även för officiell statistik inom områdena transporter och kommunikationer. Trafikanalys bildades 2010 och har huvudkontor i Stockholm samt kontor i Östersund.

Trafikanalys
Rosenlundsgatan 54
118 63 Stockholm

Tel 010 414 42 00
Fax 010 414 42 10
trafikanalys@trafa.se
www.trafa.se