

Utvärdering av spårbilsystem



Utvärdering av spårbilsystem

SIKA Rapport är SIKA:s publikationsserie för utredningar och analyser. De senast publicerade rapporterna i serien *SIKA Rapport* är:

- 2007:1 Samverkan kring regionförstoring
 - 2007:2 Kilometerskatt för lastbilar – Effekter på näringar och regioner
 - 2007:3 Uppföljning av det transportpolitiska målet och dess delmål
 - 2007:4 Infrastrukturplanering som en del av transportpolitiken
 - 2007:5 Kilometerskatt för lastbilar – Kompletterande analyser
 - 2007:6 Digitala klyftor – Insatser för att överbrygga dessa
-
- 2008:1 Uppföljning av det transportpolitiska målet och dess delmål
 - 2008:2 Förslag till ny transportpolitisk målstruktur – Del 1 Analys
 - 2008:3 Förslag till ny transportpolitisk målstruktur – Del 2 Förslag
 - 2008:4 En planeringsprocess för innovation och förnyelse i transportsystemet
 - 2008:5 Utvärdering av spårbilssystem

ISSN 1402-6651

Statens institut för kommunikationsanalys, SIKA

Telefon: 063-14 00 00, fax: 063-14 00 10

E-post: sika@sika-institute.se

Webbadress: www.sika-institute.se

Utgivningsdatum: 2008-09-09

Tryck: EO Grafiska, Stockholm 2008

Digital version: En pdf-version av rapporten går att hämta på www.sika-institute.se

Förord

Denna rapport har sin bakgrund i ett långsiktigt projekt där SIKA undersökt frågan varför alternativa transportsystem har svårt att få plats i den politiska planeringsprocessen kring infrastruktur. Inom det projektet skrevs SIKA Rapport 2006:1 *Ett generellt transportsystem*. Projektet har nyligen avslutats med den sammanfattande SIKA Rapport 2008:4 *En planeringsprocess för förnyelse i transportsystemet*. Inom ramen för den långsiktiga infrastrukturplaneringen uttryckte regeringen i sitt uppdrag till SIKA en ambition att formulera en vision om transportsystemet för framtiden.¹ Med den ambitionen skrevs nyligen SIKA PM 2008:2 *Framtidens Transporter – Vision 2040+* med scenarier om transportsystemet kring år 2050.

Föreliggande studie ska ses som en fristående fortsättning på såväl SIKA:s *Vision 2040+* som rapporten *Ett generellt transportsystem*.

Projektledare och huvudförfattare för denna studie har varit Björn Olsson. Ansvarig för den friliggande rapporten *Infrastrukturplanering för ökad transportpolitisk måluppfyllelse i storstäder – en fallstudie i Stockholmsregionen* (SIKA Rapport 2008:6) har varit Joanna Dickinson. Peter Roming från Railize har hjälpt till vid genomförande av trafikprognoserna. Linnea Abramowski och Andreas Holmström från SIKA har bistått med underlag från den nationella resvaneundersökningen. Björn Sylvén från MaskotMedia har bistått med värdefullt underlag om kollektivtrafiken i fallstudien av Stockholm. Konsulterna Göran Tegnér, Jan-Erik Nowacki, Ingmar Andréasson och Henrik Swahn samt Michael Heen, Gunnel Bångman, Désirée Nilsson, Göran Friberg, Per-Ove Hesselborn och Krister Sandberg på SIKA har bidragit med värdefulla synpunkter i projektet. Rapporten har också diskuterats med SIKA:s vetenskapliga expertråd. Ett arbetsutkast har remitterats för synpunkter i en bred krets av närstående myndigheter och intressenter under sommaren 2008.

Östersund september 2008

Kjell Dahlström

¹ Uppdrag att utarbeta inriktningsunderlag inför den långsiktiga infrastrukturplaneringen 2010-2019. Regeringsbeslut 2006-12-21, http://www.sika-institute.se/Templates/Page____714.aspx

Innehåll

SAMMANFATTNING	7
INLEDNING	13
1 SPÅRBILSYSTEMET	15
1.1 Vad är spårbilar?	15
1.2 Vad innebär ett generellt spårbilsystem?.....	16
1.3 Tidigare spårbilsinitiativ och projekt	17
1.4 Betalningsvilja och attityder till spårbilar	19
2 FALLSTUDIE I STOCKHOLM – TVÅ SCENARIER	23
2.1 De transportpolitiska målen nås inte i Stockholmsregionen	23
2.2 Fallstudiens utgångspunkt	25
2.3 Utformning av fallstudien	26
Scenario 1 – Förbifart Stockholm på spår	27
Scenario 2 – Spårbilsystem i Stockholm.....	32
2.4 Underlagen för trafikprognosen i fallstudien	35
2.5 Resultat av trafikprognoserna.....	35
3 HÖGHASTIGHETSNET FÖR SPÅRBILAR I MÄLARDALEN	41
3.1 Resandet i Mälardalen	41
3.2 Infrastrukturen kring Mälaren	42
3.3 Interregional spårbilsbana i Mälardalen	44
3.4 Diskussion om nätverkseffekter	48
4 UTVÄRDERING AV SPÅRBILSYSTEMEN	51
4.1 Samhällsekonomisk analys av Scenario 1 och 2.....	51
4.2 Samhällsekonomisk analys av Mäljarbanan.....	55
5 SLUTSATSER	59
5.1 Slutsatser från fallstudien om Stockholm.....	59
5.2 Slutsatser från fallstudien om Mälardalen.....	60
5.3 Slutsatser om potentialen hos spårbilar	61
BILAGA 1. ENERGIANALYS AV SPÅRBILSYSTEMET	63
BILAGA 2. BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	69
REFERENSER	75

Sammanfattning

Redan vid en översiktlig analys inses att de transportpolitiska målen inte uppfylls av den etablerade strukturen av vägar, järnvägar, flygplatser, hamnar och godsterminaler. Samtidigt är det en av SIKAs uppgifter att analysera åtgärder inom transportsystem för att nå det transportpolitiska målet. Det är mot den här bakgrunden som SIKA funnit det angeläget att analysera nya transportsystems förmåga att uppfylla de transportpolitiska målen i en överskådlig framtid. Syftet med denna studie är därför att analysera de samhällsekonomiska effekterna av spårbilssystem och deras bidrag till de transportpolitiska delmålen om god miljö, tillgänglighet, transportkvalitet, säkerhet, regional utveckling och jämställdhet.

Spårbilar på balkbanor är ett visionärt transportsystem som nu tilldrar sig allt större intresse i många delar av världen. I Sverige finns ett relativt stort intresse och inte minst ett tekniskt systemkunnande i ämnet. I Uppsala finns Vectus testbana med den hittills mest avancerade tekniken, på Heathrow inviger ULTra snart en spårbilbana för transport mellan storflygplatsens olika terminaler. I många svenska kommuner liksom i staterna New York och Kalifornien finns ett stort intresse för att anlägga spårbilbanor men ännu finns ingen tillräckligt säker, standardiserad och beprövad spårbilteknik för en bred introduktion.

Spårbilteknikens grundstruktur bygger på att personbilsstora, automatiserade vagnar går på (alternativt hänger under) en så kallad balkbana några meter upp i luften ovanför övrig trafik. Åtskillnaden från markplanet minimerar konflikter med annan trafik och därmed olycksrisken. Framdrivning, växling, inbromsning, mm är tänkt att vara datorstyrd. Vagnarna är anropsstyrda och går mellan start- och målpunkt enligt de resandes önskemål och i princip utan stopp på vägen; förflyttningsmönstret påminner i hög grad om personbilens flexibilitet. Spårbilen kan också användas för kollektiv samåkning, och är därmed en mellanform, så kallad paratransit, mellan traditionell privatbilism och kollektivtrafik.

Spårbilintresset har hittills och främst utvecklats för lokala trafikuppgifter som traditionella trafikformer inte förmår lösa på ett tillfredsställande sätt. SIKA bedömer att en sådan lokal utveckling och tillämpning av spårbilteknik kan medverka till en tydlig men begränsad samhällsekonomisk nytta. En splittrad utveckling av olika lokala bansystem, som dessutom inte är kompatibla med varandra, hotar att öka behovet av byten i reskedjor och höga styckekostnader för banelement och vagnar. I en mer sammansatt ekonomisk bedömning löser inte sådana lokala system de svårartade problem som hela transportsektorn brottas med.

SIKA utgår i den samhällsekonomiska analysen från en möjlig utveckling av ett standardiserat, generellt spårbilsystem (även kallat ett generellt transportsystem, GTS) med ytterligare funktioner som att:

- klara de flesta transportbehoven av både personer och gods;
- omfatta både lokala och regionala banor samt fjärrbanor i hastigheter mellan 25 och 250 km/tim;
- möjliggöra både samåkning och individuell användning samt både publikt och privat ägande;
- klara vagnar som är utrustade för både bandrift och vägkörning (s.k. dual mode).

Det generella spårbilsystemet innebär även att spårbilarna ska kunna automatkopplas till tåg (s.k. platooning) för att undvika trängsel, öka kapaciteten och minska luftmotståndet i högre hastighet. Vagnarna ska vidare kunna automatparkeras och beställas fram till valfri hållplats. Genom standardiserade modulsystem och funktioner kan stora och industriella fördelar uppnås. Genom möjligheterna till bytesfria resor uppstår positiva nätverkseffekter. Attraktiviteten hos systemet kan ge hög efterfrågan och stor marknad, och därmed goda förutsättningar för konkurrens mellan många aktörer i en helt ny industriell niche med internationell omfattning. Vi får med ett generellt spårbilsystem ett helt nytt trafikslag som tillfredsställer högt ställda transportpolitiska mål.

Ett generellt spårbilsystem kan därmed ge bland annat följande effekter:

- Antalet dödade och skadade kan bli lägre än för flyg och tåg, genom att banan är skild från övrig trafik, vanligen upphöjd;
- Res- och transporttiden kan i stort sett halveras för såväl lokala som regionala och interregionala resor; beroende på den högre medelhastigheten, och den bytesfria, obrutna resan från start till mål;
- Transportsektorns energianvändning kan minska. Energianalysen (bilaga 1) visar att det är mindre energikrävande att bygga spårbilbanor än nya vägar, och energianvändningen för eldriven spårbil är cirka 5 gånger lägre än för en vanlig bensinbil;
- Utsläppen av klimatgaser och luftföroreningar är i princip noll vid själva transporten, och bullernivån är lägre;
- Upphöjd bana minskar barriäreffekterna, anspråken på markyta och därmed fysiska intrångseffekter, jämfört med väg och järnväg;
- Tillgängligheten och rörligheten ökar inom alla sociala skikt eftersom körkort inte är nödvändigt och spårbilarna har plats för cyklar, barnvagnar, rullstolar, m.m.;
- Spårbilsystemet kan tillgodose behovet av transporter "just-in-time" eftersom transporttiderna blir mindre osäkra och transporten kan ske utan omlastning.

Den samhällsekonomiska kostnads-nyttoanalysen har utförts med väl beprövad och känd metodik, dels i en fallstudie av Stockholmsregionen med två scenarier, dels på en utbyggnad av en interregional höghastighetsbana för spårbilar i hela Mälardalen med anslutningar till kompletterande lokala och regionala banor.

Scenario 1 med en traditionell pendeltågsjärnväg väster om stadens centrala delar, som binder samman norra och södra stor-Stockholm, i kombination med tillsammans med höjd trängselskatt ger en kraftig förbättring av trafiksituationen

över Saltsjö-Mälarsnittet och genom trängselskatt på Essingeleden minskar biltrafiken på leden med cirka 35 procent under ett genomsnittligt vardagsdygn. Spårförbindelsen har gjorts i en sträckning som påminner om Vägverkets så kallade Kombinationsalternativ i vägutredningen om Förbifart Stockholm. Förmodligen på grund av konkurrens från Citybanan blir pendeltågsträckningen inte lönsam. Nettonuvärdeskvoten uppskattas till mellan $NNK = -0,19$ och $NNK = -0,36$ i vår känslighetsanalys.

Scenario 2 består av pendeltågsförbindelsen i scenario 1 *plus* ett spårbilsnät som binder samman de regionala kärnorna och andra viktiga knutpunkter i de yttre delarna av Stockholmsområdet. Scenarierna är alltså inte ömsesidigt uteslutande, och medan scenario 1 kan jämföras med Förbifart Stockholm, är scenario 2 bättre lämpat att jämföras med större paket av trafiklösningar. Nettonuvärdeskvoten uppskattas till mellan $NNK = -0,03$ och $NNK = 0,21$ i vår känslighetsanalys. Det tillkommande spårbilsnätet i detta scenario kompenserar därmed för den olönsamma pendeltågsträckningen. Det är svårt att uppskatta den exakta nettoeffekten på lönsamheten av spårbilsnätet, men sannolikt beror lönsamheten framförallt på restidsvinsterna med spårbilsnätet. Dessutom ligger antagandena om kostnader av olika slag relativt högt. På länsnivå förblir det totala antalet resor ungefär detsamma. Andelen kollektivtrafikresor ökar och andelen bilresor minskar.

Förutom dessa scenarier i fallstudien av Stockholm görs en studie av ett mer utvidgat *spårbilsnät i Mälardalen*. Detta höghastighetsnät för spårbilar är en fjärrbana som binder samman Stockholmsområdet med Södertälje, Strängnäs, Eskilstuna, Västerås, Enköping, Uppsala och Sigtuna/Arlanda. Banan är tänkt för hastigheter över 200 km/tim och möjliggör ytterligare utbyggnad i den Nordiska Triangeln Stockholm-Oslo-Göteborg-Malmö/Köpenhamn. Höghastighetsnätet i Mälardalen medför stora restidsvinster och med 5 miljoner resande ger spårbilsnätet en hög samhällsekonomisk lönsamhet. Nettonuvärdeskvoten uppskattas till mellan $NNK = 0,35$ och $NNK = 0,59$ i vår känslighetsanalys med avseende på kostnader, antal resande och genomsnittlig restaxa. En överflyttning av resor från bil till spårbil leder till restidsvinster, mindre utsläpp av luftföroreningar och koldioxid samt minskad olycksrisk och bullernivå.

Sammanfattningsvis är de positiva effekterna i de samhällsekonomiska kalkylerna stora och bidraget till uppfyllelse av de transportpolitiska målen stort. Ett generellt spårbilsystem finns ännu inte färdigt på marknaden men mycket av tekniken finns eller är under utveckling. SIKAs bedömer att rapporten bör kunna leda till en fördjupad diskussion om statens och andra aktörers förhållningssätt och engagemang i frågan. Utifrån resultaten bedömer SIKAs att spårbilsystem förtjänar möjligheter till fortsatt utveckling för att i därigenom kunna analyseras parallellt med andra transportlösningar.

English summary

Evaluation of Podcar Systems

Today's established transportation systems and infrastructures, including cars and roads, trains and railways, airplanes and airports, boats and harbours, do not comply with general transportation needs in society. Existing systems not only waste significant amounts of people's time, they detract from the aesthetics of our communities and they are responsible for the deterioration of our environment through toxic and greenhouse gas emissions. Worldwide, automobiles kill tens of thousands of people and maim millions more each year in accidents. The solution is clearly not to make greater investments in existing infrastructures, indeed it may only promise to make matters worse, but to look for new modes of transport.

We at SIKA have recognized this fundamental problem in society and have taken on the challenge of investigating what innovative transport systems exist that can help address current and future transportation problems in society. In this report, we have analyzed the so called podcar systems and we are optimistic that some form of this visionary transportation system holds the key to safe, efficient and economical transportation within and between urban areas.

A podcar system consists of fully automatic car-sized vehicles either supported or suspended by a guideway located a few meters above ground. This above-ground location minimizes the risk of conflict with other traffic such as cars, buses, bicycles or pedestrians, and the dedicated guideway allows greater safety and higher speed. Propulsion, braking, switching, control and scheduling could all be done by using electromagnetic power and computer technologies.

The vehicles may run non-stop from their point of origin to their destination. Passengers decide the destination either by a card reader, a computer touch screen, or for the disabled by talking to a computer. The comfort and freedom of the podcar system resembles the comfort of our current automobiles. Podcars run automatically, freeing the driver from that responsibility and at the same time virtually eliminating the risk of accidents. A trip can be private (individual), shared with family or friends, or public if others are invited to share a podcar trip. The podcar is a transport mode between private and public transit, in other words a so called *paratransit* system.

While podcars have been seen primarily as a local transport system, SIKA believes that podcars may be used for both local and long distance transport. A

network of podcars can be economically robust, particularly if local systems are mutually compatible and if the long-distance connectors that link local systems to one another are part of the initial planning. A network of local and long-distance systems may exploit any economies of scale and will allow the podcar system to be competitive, accessible and affordable.

SIKA envisions a possible development of a standardized, general podcar system (or general transport system, GTS) that beyond the local application has the additional ability to:

- satisfy most of the transport needs of people and cargo;
- offer local systems running at 25-50 km/h *as well as* regional and long-distance systems, running at 80-250 km/h;
- offer public as well as private trips and vehicle ownership;
- allow vehicles to run on dedicated guideways as well as on roads (so called dual-mode).

A general podcar system offers a new mode of transportation that can meet our ambitions for safety, efficiency, and effectiveness. Vehicles can automatically connect to each other (platooning), in order to minimize congestion and maximize capacity and aerodynamics. The system offers travel-on-demand from any station to any other station. When not in use, the vehicles automatically find parking spaces, either at an empty station or in a special parking garage. These functional characteristics of the general podcar system go beyond the local applications and allow economies of scale, network effects, and minimal modal split. They also allow great market penetration and strong competitiveness.

Compared to cars and public transit, the podcar system:

- reduces the number of deaths and injuries to nearly zero;
- reduces travel and transport times in local as well as interregional relations, because of the non-stop function and high speed;
- reduces energy and material use in constructing and running the system;
- reduces emissions of greenhouse gases and particles to zero from transport; electric energy is produced apart from the transport system;
- increases accessibility and mobility for everybody, including disabled people and people without driving license;
- allows transportation “just-in-time” because of reduced travel time uncertainty and no need to switch between transport modes.

The economic evaluations in this study of (1) a podcar system in Stockholm and (2) around Lake Mälaren west of Stockholm, have been performed using established methodology such as the traffic forecasting software, (“Sampers”), used by Swedish transportation agencies, together with traditional cost-benefit analysis (CBA). Our focus is partly on a short range system in Stockholm, and partly on a long range network around Lake Mälaren. The long-range network is also supposed to connect several local networks which can be expected in the cities around Lake Mälaren in the future.

For Stockholm, two scenarios are analyzed and evaluated:

- (1) A traditional commuter train line connecting the north and south of Stockholm, combined with an increased congestion charge;

- (2) Scenario (1) in addition to an outer-ring podcar system connecting the peripheral parts of Stockholm city area.

In the case of the Mälaren podcar system, an interregional high-speed track (>200 km/h) around Lake Mälaren connects the main cities, which by the time of construction can be expected to have local podcar systems. This interregional system can be seen as a first step in building a long-range system connecting the Nordic Triangle: Stockholm-Oslo-Göteborg-Copenhagen/Malmö. This long-range high-speed system will be able to compete with high-speed trains and airplanes. The podcar system can also serve the in-between stations in smaller towns, which existing infrastructure of high-speed trains and airplanes are not able to do without modal split.

The results for the Stockholm *scenario 1* with commuter train and congestion charge show a reduction of congestion in the central Stockholm area, by attracting people from private car using to public commuting. Between the north and south of Stockholm, car traffic decreases with up to 13 percent and public transit increases by 3 percent compared to the reference scenario. Less congestion means greater accessibility for commercial transports, and thereby increased reliability and efficiency. Probably due to competition from other commuter train lines, scenario 1 turns out to be noneconomical in our calculations. Depending on building costs, the benefit-cost ratio ranges between $-0,36 < [(B-C)/C] < -0,19$.

In the Stockholm *scenario 2*, with commuter train and congestion charge combined with a podcar network, results indicate an even further reduction of congestion, not only in traffic between north and south, but also in the entire road network. The number of trips using public transit within Stockholm increases another 7 percent and interregional train travel to and from Stockholm increases a couple of percent due to increased capacity and accessibility. Due to increased accessibility, the overall market share for public transit (including podcars) increases while the market share for cars decreases. According to our model, about every third public transit trip is made using podcars. That gives podcars a market share of about 10 percent. Depending on building costs, the benefit-cost ratio is $-0,03 < [(B-C)/C] < 0,21$. It should be noted that the podcar system in this scenario compensates for the unprofitable commuter train line which is included.

In the *Mälardalen high-speed podcar system* we have calculated with an average speed of 200 km/h (124 mph) on a network connecting the cities around Lake Mälaren. This podcar network gives high travel time benefits for the commuters in the region and can allow for further development connecting the Nordic Triangle: Stockholm-Oslo-Göteborg-Copenhagen. We perform sensitivity analysis on the cost parameters, fare rates and number of travellers. Depending on costs, the benefit-cost ratio here is $0,35 < [(B-C)/C] < 0,59$.

In summary, the social benefits of the podcar system are high and chances of profitability are good. Podcars systems increase accessibility and reduce traffic congestion, both in Stockholm and around Lake Mälaren. A general podcar system is not yet available, but much of the technology already exists.

Inledning

En av SIKAs huvudsakliga uppgifter är att ansvara för övergripande analyser inom kommunikationssystem och för analyser av effekter av åtgärder inom transportsystem i syfte att uppnå det transportpolitiska målet.² Det övergripande transportpolitiska målet är att transportpolitiken ska säkerställa en samhälls-ekonomiskt effektiv och långsiktig hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet. Till det övergripande målet hör sex delmål om tillgänglighet, regional utveckling, jämställdhet, transportkvalitet, trafiksäkerhet och miljö.³

Transportsektorns problem i form av t.ex. trafikolyckor, energiförsörjning, hälsofarliga luftföroreningar, buller och trängsel, leder till ett behov att analysera effekterna av olika åtgärder som kan bidra till ökad måluppfyllelse. Åtgärder som kan leda till ökad måluppfyllelse och som ofta diskuteras är t ex ekonomiska styrmedel som trängselskatt och koldioxidskatt.⁴ Ett annat exempel på åtgärd är automatiska trafiksäkerhetskontroller, d.v.s. hastighetskameror utmed vägarna i syfte att nå trafiksäkerhetsmålet.

Det finns också andra typer av åtgärder som kan leda till ett mer hållbart transportsystem. Infrastrukturbyggande i sig påverkar i hög grad transportsystemets inriktning på grund av dess långa livslängd. Vilka investeringar som idag görs i transportinfrastrukturen påverkar res- och transportmönster i många år framåt. Ofta diskuteras huruvida infrastrukturutbyggnad i sig kan påverka transportpolitisk måluppfyllelse och vilken betydelse det har vilken infrastruktur som byggs och var den byggs.

Sektoriseringen inom dagens infrastrukturplanering kan försvåra införandet av nya, innovativa transportsystem och möjligheter att öka den transportpolitiska måluppfyllelsen på olika områden kan då gå förlorade.⁵ Med ett breddat synfält inom samhälls- och infrastrukturplaneringen möjliggörs en prövning av nya lösningar som kan vara realiserbara utifrån tillgänglig eller utvecklingsbar teknik.

Denna studie innehåller två fallstudier av spårbilsystemets potential när det gäller måluppfyllelse och samhällsekonomisk nytta. Den första studien analyserar etablering av spårbilar i Stockholm som en del av en lösning på Stockholms trafikproblem. Den andra studien utvärderar ett fullt utbyggt spårbilsystem i hela Mälardalen, som ett bidrag till en hållbar regionförstoring.

² SIKAs Instruktion, http://www.sika-institute.se/upload/Om_sika/Förordning_2008.pdf

³ SOU 2005/06:160, Moderna transporter.

⁴ SIKA PM 2008:4 Vilken koldioxidskatt krävs för att nå framtida koldioxidmål?.

⁵ Jfr SIKAs rapport 2007:1. Samverkan kring regionförstoring.

Syfte

SIKA har tidigare analyserat tekniska lösningar och effekter av att införa spårbilsystem i rapporten *Ett Generellt Transportsystem*. Föreliggande studie kompletterar den tidigare studien genom att beskriva de samhällsekonomiska effekterna av att införa spårbilsystem.

Utifrån det övergripande transportpolitiska målet är syftet med denna studie att

- (1) beräkna de samhällsekonomiska effekterna av att bygga ett fungerande spårbilsystem i Stockholm respektive Mälardalen.
- (2) pröva potentialen hos dessa spårbilsystem att bidra till måluppfyllelse avseende de transportpolitiska delmålen; tillgänglighet, transportkvalitet, säkerhet, god miljö, regional utveckling samt jämställdhet

Fallstudien av Stockholmsregionen⁶ presenterar hur ett spårbilsystem konkret skulle kunna utformas för att komplettera det befintliga transportsystemet i Stockholm och analyserar om en alternativ allokering av infrastrukturinvesteringar kan ge ökad transportpolitisk måluppfyllelse, jämfört med den åtgärdsmix som föreslås i utredningen *Trafiklösning Stockholm*. Indirekt syftar Stockholmsstudien till att analysera om ett spårbilsystem redan på relativt kort sikt kan bidra till effektiva lösningar på Stockholms besvärliga trafikproblem.

Fallstudien av Mälardalsregionen presenterar hur ett spårbilsystem kan vara utformat i Mälardalsregionen för att bidra till ökade möjligheter till miljövänlig regionförstoring. Mälardalsstudien analyserar om ett interregionalt spårbilsnät i Mälardalen är samhällsekonomiskt lönsamt och vilka bidrag det ger till ökad måluppfyllelse.

Studien bidrar härigenom till ökad förståelse för vikten av ett förutsättningslöst angreppssätt i den långsiktiga planeringen av transportsystem och infrastruktur.

Disposition

Rapporten inleds med en beskrivning av de specifika egenskaper som ett spårbilsystem har och vad begreppet generellt spårbilsystem innebär. Avsnitt 2 presenterar fallstudien om Stockholm och de två transportlösningar som där analyseras; en pendeltågsträckning respektive en kombination av pendeltåg och spårbilsystem. I avsnitt 3 utvidgas perspektivet till att omfatta en långsiktig transportlösning för Stockholm-Mälardalenregionen som innefattar ett utvidgat höghastighetsnät för spårbilar som sammanbinder Stockholm-Arlanda-Uppsala med de större orterna runt Mälaren. I avsnitt 4 utvärderas dessa spårbilsystem utifrån deras potential till samhällsekonomisk effektivitet och lönsamhet samt transportpolitisk måluppfyllelse. Avsnitt 5 presenterar slutsatserna från utvärderingen. I bilagor redovisas en energianalys av spårbilsystemet samt de samhällsekonomiska kalkylantaganden och beräkningsförutsättningar som ligger till grund för utvärderingen.

⁶ Infrastrukturplanering för ökad transportpolitisk måluppfyllelse i storstäder – en fallstudie i Stockholmsregionen, SIKA Rapport 2008:6

1 Spårbilsystemet

Spårbilar på balkbanor är ett visionärt transportsystem som på senare tid tilldragit sig allt större intresse i många delar av världen. I Sverige finns ett relativt stort intresse och inte minst systemkunnande i ämnet. I Uppsala finns företaget Vectus testbana med den hittills mest avancerade tekniken. På Heathrow invigs inom kort en spårbilsbana för transport av flygresenärer mellan storflygplatsens olika terminaler.⁷ Ännu finns dock ingen tillräckligt säker standardiserad och beprövad spårbilteknik för en bred introduktion.

Idén med spårbilar är emellertid ganska gammal. Redan på 1950-talet började det konstrueras tidiga varianter av spårbilar på olika håll i USA och i juli 1969 hade tidskriften *Scientific American* en artikel som sammanfattade dessa tidiga försök. Oljekrisen i början på 1970-talet ledde till en utveckling av spårbilsidén. Därefter har man med växlande framgång försökt få fram livskraftiga spårbilssystem. Det mest kända systemet är nog det som finns i universitetsstaden Morgantown i West Virginia i USA som invigdes 1975 och som fortfarande fungerar bra. Andra exempel är Kabinetaxi som byggdes och testades under 1970-talet och tidigt 1980-tal i staden Hagen i Tyskland. I mitten på 1980-talet hade oljan blivit billig igen och tillgänglig och idéerna föll då i glömska.⁸



Figur 1.1 Exempel på hållplatsutformning. Bild: Vectus

1.1 Vad är spårbilar?

Med spårbil menar vi i denna rapport en utveckling av vad som ibland kallas spårtaxi och som på engelska ofta kallas *personal rapid transit* (PRT) eller *podcar*. Det har funnits olika system och definitioner, men Advanced Transit

⁷ www.atsltd.co.uk

⁸ Ed Anderson (1972)

Association (ATRA) i USA definierade år 1989 systemet från ett serviceperspektiv på följande sätt:⁹

- direktresa från start till mål utan byten och utan stopp vid mellanliggande stationer
- små fordon, tillgängliga för individuell resa eller i självvalt resällskap
- efterfrågestyrd (anropsstyrd) service istället för tidtabellsbunden trafik
- helautomatiska förarlösa fordon, tillgängliga dygnet runt
- banan är exklusiv för spårbilarna
- smala, lätta och vanligen upphöjda balkbanor, som också kan gå i markplan eller under mark
- fordonen kan utnyttja hela bannätet och alla stationer i ett sammanhängande spårbilsnät

Denna definition innefattar inte funktionen att fordonen också skall kunna utnyttja vägnätet kortare bitar – eller samverka med vägfordon. Sådana transportformer kallas ofta ”dual mode”. Ett exempel på dual-mode är biltåg, d.v.s. att bilar transporteras på tåg.

Spårbil är ett tekniskt avancerat system för snabba individuella eller kollektiva transporter, utan stopp på mellanliggande stationer. Resenären bestämmer sin destination t.ex. genom att ange en destinationskod och spårbilsystemet väljer automatiskt den snabbaste och effektivaste vägen till destinationen. Spårbilen är ett förarlöst fordon på ett nätverk av högbanor och systemet håller automatiskt ett säkert avstånd mellan fordonen. I Uppsala gör Vectus tester under överinseende av Järnvägsstyrelsen för att få tillstånd enligt gällande säkerhetskrav. Vectus har nyligen fått tillstånd att transportera passagerare på sin testbana i Uppsala.¹⁰

När det gäller övriga aspekter är spårbilsystemet odefinierat och oberoende av teknik. När det gäller framdrivningsteknik har t.ex. Vectus i Uppsala valt att använda linjärmotordrift för sina spårbilar.¹¹ ULTra har däremot valt en annan motorteknik för sina fordon på Heathrows flygplats i London.¹²

Spårbilsystemet söker en kombination av bilens fördelar när det gäller möjligheter till individuell och flexibel tillgänglighet, och tågets fördelar när det gäller möjligheter till miljövänlig och säker framkomlighet. Mötesfria banor ovan mark minskar dessutom risken för olyckor ytterligare. Systemet skall också vara energieffektivt och resurssnålt.

1.2 Vad innebär ett generellt spårbilsystem?

Ett generellt spårbilsystem är en utveckling av spårbilskonceptet som innebär att spårbiltekniken gäller för

⁹ ATRA (2003a)

¹⁰ Personlig kommunikation med Jörgen Gustavsson, Vectus.

¹¹ <http://www.vectusprt.se>

¹² <http://www.atstld.co.uk/>

- person- och godstransport (framförallt lättare, högvärdigt gods);
- lokala och regionala banor (med låg hastighet), och fjärrbanor (med hög hastighet);
- publik och privat användning av fordon;
- individuell resa och gruppresa (kollektivtrafik);
- non-stop resor och resor med stopp på mellanliggande stationer;
- vagnar som kan gå både på bana ovan mark och på vanlig markväg ("dual mode").

Ett generellt spårbilsystem innebär även att vagnarna kan automatparkeras vilket bara behöver kräva en tredjedel av den volym som vanlig bilparkering kräver. Det beror på tätare parkering, både på bredden och på höjden.¹³ Det generella spårbilsystemet kräver implicit att det finns en gemensam standard för de viktiga gränssnitten i systemet. Genom fastställande av en internationell standard kan skalfördelar uppnås som sänker produktionskostnaderna för alla delar av systemet - balkar, banor, informationssystem, elförsörjningssystem, styrsystem, säkerhetssystem och olika vagn typer i större serier.

1.3 Tidigare spårbilsinitiativ och projekt

År 2003 genomförde ATRA jämförelser och utvärderingar av tekniken och utvecklingspotentialen och kom då fram till att spårbilssystemet är tekniskt genomförbart och att det enda som hindrar ett införande är finansieringsfrågan.¹⁴

I rapporten *PRT in Sweden: From Feasibility Studies to Public Awareness*¹⁵ från 2007 summerar Göran Tegnér m.fl. ett stort antal spårbilstudier i Sverige, bl.a. i Gävle, Jönköping och Göteborg under åren 1991-94. Studierna kom fram till att spårbilsystemen kunde locka resenärer och erbjuda kortare restider. Likaså i Umeå och Stockholm gjordes under 90-talet studier över hur ett spårbilsnät skulle kunna vara uppbyggt.¹⁶ På senare år har även bl.a. Södertälje, Värmdö och Eskilstuna studerat möjligheterna att bygga spårbilsnät.¹⁷ Ingen av dessa studier har lett till att någon kommun gått vidare med planering av spårbilsnät. Tegnér m.fl. menar att på grund av riskerna och finansieringsfrågan är det svårt för en enskild kommun att ensam ge sig in i en oprövad teknik; och för företag är det riskfyllt att investera fullt ut i systemet innan det finns tillräckligt stor marknads- efterfrågan.

Företaget Vectus har byggt en testbana för spårbilar i Uppsala, i tron att det kommer att uppstå en efterfrågan på systemet.¹⁸ I Sverige och USA finns nätverket *Kommuner som vill pröva att satsa på spårbilar* (KOMPASS) inom ramen för det svensk-amerikanska Institute for Sustainable Transportation (IST). Nätverket består av kommuner med intresse för att i framtiden investera i spårbilsnät och syftar till att stärka lokala initiativ kring spårbilar genom att

¹³ En parkeringsplats är cirka 2,5m*5m=12,5m². Med 2,5m höjd blir volymen cirka 31 m³. Inklusiv matargata och framkörningsramper blir volymen >50 m³. Spårbilen kräver 16 m³ och mindre volym för matning och framkörning.

¹⁴ ATRA (2003)

¹⁵ WSP(2007a)

¹⁶ Dessa studier presenterades på spårbilskonferenser i Minnesota 1996 respektive i Köpenhamn 1999.

¹⁷ IST (2008a), WSP (2008a)

¹⁸ Se vidare Vectus hemsida www.vectusprrt.se

- verka för internationellt samarbete mellan städer, kommuner och trafikhuvudmän;
- skapa forum för utbyte av information och erfarenheter;
- sprida information om spårbilar till allmänheten, företagare, fastighetsutvecklare, politiker och tjänstemän;
- verka för olika finansieringslösningar;
- kommunicera med leverantörer kring gemensamma frågor och om planeringsprocesser;
- samverka via gemensamma projekt kring arbetet med pilotbanor;
- underlätta genomförande samt minska kostnader och risker.¹⁹

KOMPASS-nätverket visar att det finns ett intresse för spårbilssystem på den kommunalpolitiska nivån i Sverige och USA, och flera kommuner har nyligen kommit ut med rapporter om potentialen för lokala spårbilsnät, bl.a. Eskilstuna och Södertälje.^{20,21}

SIKA gjorde som ovan nämnts år 2006 en studie kallad *Ett generellt transportsystem*.²² Tillsammans med Banverket och VINNOVA har SIKA bidragit med forskningsmedel till studier om spårbilar.²³ Järnvägsstyrelsen är ansvarig myndighet för tillståndsgivning på området och deras granskningsprocess var en av anledningarna till att Vectus förlade sin testbana i Sverige.

På EU-nivå har det inom 5:e Ramprogrammet funnits ett projekt med namnet *Evaluation and Demonstration of Innovative City Transport (EDICT)*²⁴ som startade år 2001 och slutfördes år 2005. Projektet omfattade 11 olika universitet och konsultfirmor samt 4 europeiska städer Huddinge, Cardiff, Eindhoven och Rom. EDICT-projektet var en stor studie som kan sägas ha etablerat spårbilssystemet i Europa. Generaldirektoratet för Energi och Transporter skriver i en utvärdering från augusti 2006 att:

” PRT contributes significantly to transport policy and all related policy objectives. This innovative transport concept allows affordable mobility for all groups in society and represents opportunities for achieving equity. The demonstration of the PRT prototype system "ULTRA" at a test site in Cardiff, four accompanying case studies at different cities and the overall European assessment indicated high overall benefits. The specific urban transport problems in particular of new member states, accession and candidate countries could be alleviated significantly at a lower cost than any other transport system.

¹⁹ Se vidare nätverkets hemsida <http://www.podcar.org/kompass/>

²⁰ IST (2008a), *Hållbar infrastrukturutveckling: Nytt transportsystem SPÅRBILAR*. Förstudie 2008-03-29, Eskilstuna kommun/IST-2008:1

²¹ WSP (2008a), *Spårbilar för Södertälje – En transportvision*, WSP Analys och Strategi, 2008-05-30

²² SIKA(2006)

²³ WSP (2008b)

²⁴ [http://www.transport-](http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=4381&backlink=procent2Fwebprocent2Fcommonprocent2Fsearchprocent2Ecfm&referer=modesprocent2A11procent7Cispostbackprocent2Atrueprocent7Ccontenttypesprocent2AProjects)

[research.info/web/projects/project_details.cfm?id=4381&backlink=procent2Fwebprocent2Fcommonprocent2Fsearchprocent2Ecfm&referer=modesprocent2A11procent7Cispostbackprocent2Atrueprocent7Ccontenttypesprocent2AProjects](http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=4381&backlink=procent2Fwebprocent2Fcommonprocent2Fsearchprocent2Ecfm&referer=modesprocent2A11procent7Cispostbackprocent2Atrueprocent7Ccontenttypesprocent2AProjects)

PRT is the personalisation of public transport, the first public transport system which can really attract car users and which can cover its operating cost and even capital cost at a wider market penetration. PRT complements existing public transport networks. PRT is characterised through attractive transport services and high safety. A first fully operational system is urgently needed to demonstrate all capabilities and to alleviate some remaining critical issues. An active role of all key actors from city level up to the EU level is required to facilitate legislation, regulation and financial support.” (Deliverable D2.D-2.5 Second Annual Thematic Research Summary - Other Modes, Issue 1.0 Page: 8 of 31).²⁵



Figur 1.2 Bild: Vectus

1.4 Betalningsvilja och attityder till spårbilar

Förutom att det finns risker och kostnader förknippade med utveckling och finansiering av spårbilar, är det också viktigt att ta hänsyn till användarnas attityder till spårbilsystemet. Tidsramarna för denna rapport har inte tillåtit egna studier av denna typ. Istället redovisar vi här några studier som tidigare undersökt användarnas attityder till spårbilsystemet.

År 1996 gjorde professor Elsa Rosenblad vid Chalmers i Göteborg med stöd av VR-teknik en studie med titeln *Brukarens möte med ny teknik – PRT*. Studien skulle visa vilka resenärersproblem som skulle kunna lösas av ett PRT-system och beskriva förutsättningarna för acceptans och användning av ett sådant system ur ett användarperspektiv. Spårbilsystemet betraktades av resenärerna som ett mellanting av bil och buss. Hälften tyckte att spårbilar var allt för störande i stadsbilden medan hälften tyckte att det kunde accepteras. Flertalet resenärer kände sig trygga i vagnen och de flesta kände inget obehag av att kliva av ensamma på en tom station. De menade att samma situation kan inträffa vid buss och spårvagn, men ville däremot ha möjlighet att åka vidare om de såg provocerande ungdomsgäng på en station. Resenärerna var positiva till att vagnen går på egen räls, skild från övrig trafik, vilket ansågs minska risken för kollisioner och påkörning av fotgängare i gatuplan. Säkerhetsbälte var något som efterfrågades och deltagarna undrade vad som händer vid strömavbrott, om vagnen blir stående i banan, och om det finns någon utrymningsväg. Rosenblads under-

²⁵ http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200608/20060831_111731_26955_other-modes_D2E_issue1-0.pdf

sökning visade att deltagarna var positiva till systemet men att användandet bygger på ett fullt utbyggt nät under förutsättning att stadsbilden inte påverkas negativt.²⁶

År 1998 anlätade Regionplane- och trafikkontoret (RTK) i Stockholms län konsultfirman Transek (numera WSP Analys & Strategi) för en studie av marknadsefterfrågan och de ekonomiska möjligheterna för ett spårbilsnät i Stockholm. Resultaten visade på stora restidvinster och resefterfrågan på spårbilssystemet. Transek gjorde också en studie av resenärernas betalningsvilja och attityder till spårbilssystemets bekvämlighetsfaktorer. Hälften av respondenterna var bilister och hälften var kollektivresenärer. Betalningsviljan för att ha *bemannade stationer* var hög, 50 US cents per resa (ca 5 SEK i 1998 års priser). Det reflekterar den otrygghet människor känner med dagens obemannade tunnelbane- och järnvägsstationer i Stockholm. Betalningsviljan för att färdas 5 meter ovan mark var något negativ, -7 US cents per resa. Det innebär att respondenterna var villiga att betala 7 cents per resa för att slippa åka 5 m ovan mark. Det bekräftas också av attitydundersökningen där 20 procent kände sig otrygga av att åka 5 m ovan mark. Endast 25 procent av respondenterna höll med om att spårbilar innebär ett negativt visuellt intrång i stadsbilden. Endast 13 procent tyckte att gemensamt resande med spårbilar vore negativt. Ungefär hälften kände otrygghet av att åka med förarlösa fordon.²⁷

Inom det ovan nämnda EDICT-projektet år 2001-2005 gjordes detaljerade utvärderingar av fördelar och nackdelar med hjälp av fokusgrupper och besök på ULTra:s testbana i Cardiff. I början var människor lite misstänksamma, speciellt rörande den personliga säkerheten i obemannade fordon och stationer. Men med mer information om de tekniska lösningarna blev attityden mer positiv och såväl blinda som rullstolsbundna resenärer tyckte systemet var mer användarvänligt än taxi eller kollektivtrafik.²⁸ Det visar betydelsen av att informera resenärerna om de tekniska lösningar som finns inbyggt i systemet.

År 2006 skrev Erik Indal och Gustaf Oscarson *Spårtaxi: En studie om spårtaxisystem i Karlstad ur ett användarperspektiv*. Studien visade att säkerhetsaspekten är en av de viktigaste aspekterna vid införande av systemet. Framförallt kvinnor uttrycker en oro för den personliga säkerheten i vagnen, speciellt under nattetid. Det finns en oro för systemets säkerhet, bland annat med anledning av bristen på personal, höjden (vid evakuering) och möjliga tekniska haverier. Deltagarna visade emellertid både intresse och vilja att i framtiden använda systemet och slutsatserna var att spårbilar har potential att locka fler resenärer än dagens kollektivtrafik, och kan sannolikt också locka bilister.²⁹

Professor Tora Friberg vid Linköpings Universitet har undersökt spårbilssystemet utifrån ett genusperspektiv. Hon menar att män och kvinnor förmodligen kommer lägga tonvikt vid olika aspekter när det gäller utformning av nät, fordon och

²⁶ Rosenblad (1997), *Brukarens möte med ny teknik – PRT*, Institutionen för konsumentteknik – CTH rapport 1997:10, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, ref i Indal & Oscarson (2007)

²⁷ Transek AB och Logistik Centrum (1999), *Spårtaxi – ett effektivt och hållbart trafiksystem. Analyser av en pilotbana i Stockholm – marknad och ekonomi*. KFB Rapport Nr 1999:4 <http://www.kfb.se/publ/main.htm>

²⁸ http://ec.europa.eu/research/environment/newsanddoc/article_2650_en.htm

²⁹ Indal & Oscarson (2007). *Spårtaxi: En studie om spårtaxisystem i Karlstad ur ett användarperspektiv*

hållplatser. Både kvinnor och män i olika åldrar bör få möjlighet att ge sina synpunkter, och det som gynnar kvinnor i detta sammanhang missgynnar knappast män.³⁰

Dessa kvalitativa studier och attitydundersökningar visar att människor kan känna otrygghet och osäkerhet inför spårbilsystemet och att systemet kan innebära negativt visuellt intrång. Dessa är viktiga aspekter att ta hänsyn till vid ett eventuellt införande och utformning av ett spårbilsystem. Studierna visar emellertid att liksom för andra nyheter kan dessa negativa attityder försvinna vid närmare bekantskap med systemet och information om hur systemet fungerar.

SIKA har i denna rapport tagit hänsyn till att dessa attityder kan finnas och har t.ex. när det gäller visuellt intrång försökt minimera detta genom att förlägga spårbilsnätet i befintlig infrastruktur t.ex. för väg.

Även när det gäller efterfrågan på bemannade stationer tar rapporten hänsyn till detta genom att kalkylera med personal på stationerna. Personalen kan hjälpa resenärerna med biljettdebitering, anrop, ombordstigning, etc. Detta bör dock kunna ses som en temporär lösning under en introduktionsperiod.

När det gäller säkerhetsaspekterna ansvarar Järnvägstyrelsen för att gällande säkerhetskrav skall vara uppfyllda innan ett spårbilsystem tas i bruk. Det innebär att inget system kommer att byggas som inte Järnvägstyrelsen har givit tillstånd till.

30 Spårbilar och genus, i IST (2008b) Strategiskt underlag för införande av avancerade persontransporter

2 Fallstudie i Stockholm – två scenarier

2.1 De transportpolitiska målen nås inte i Stockholmsregionen

SIKA:s årliga måluppföljning³¹ visar att de transportpolitiska målen avseende trafiksäkerhet, utsläpp av koldioxid och hälsofarliga luftföroreningar samt buller fortfarande inte nås. I storstäderna finns problem att nå etappmålen om tillgänglighet på grund av trängsel i vägtrafiken. Trängseln i t ex Stockholmstrafiken har minskat i innerstaden sedan införandet av trängselskatt men ökar i andra delar av regionen.

Vägverket redovisade nyligen i ett PM³² statistik för utvecklingen av koldioxidutsläppen från vägtransportsektorn. Minskningen av bränsleförbrukningen på nya bilar var den största mellan 2006 och 2007 sedan uppgifterna började samlas in 1978.³³ Andelen biodrivmedel ökade också.³⁴ Trots den positiva utvecklingen ökade utsläppen av koldioxid från vägtransporter med nästan 2 procent under 2007 eller cirka 300 000 ton. Orsaken anges enligt Vägverket vara en kraftigt ökad trafik på vägarna. Sedan 1990 har utsläppen inom vägtransportsektorn ökat med 12 procent.

Biodrivmedel och energieffektivisering har stor potential att minska utsläpp av koldioxid men det kommer enligt Vägverket inte att räcka för att skapa ett långsiktigt hållbart transportsystem. För hållbarhet krävs effektiva styrmedel som minskar biltrafiken och förbättrar förutsättningarna för goda alternativ i form av kollektivtrafik, gång och cykel.³⁵ SIKA delar denna bedömning och anser att det finns god potential för klimatsnålare rese- och transportmönster i storstadsregionerna samt i tätbefolkade band mellan tätorter genom överföring av resandandelar från bil- till kollektivtrafik. Denna potential behöver tas tillvara bättre i infrastrukturplaneringen.³⁶

Stockholm är en region med stor ekonomisk och befolkningsmässig tillväxt. Regionen står samtidigt inför stora utmaningar på trafikområdet för att lösa dagens problem med trängsel i både väg- och kollektivtrafiksystemen, utsläpp av luftföroreningar och klimatpåverkande utsläpp, buller etc. Trängseln i Stockholms vägtransportssystem beräknas kosta näringslivet i storleksordningen minst 200

31 SIKA Rapport 2008:1.Uppföljning av det transportpolitiska målet och dess delmål.

32 Vägverket (2008)

33 Nya bensin- och dieseldrivna bilar förbrukade 2007 i genomsnitt 7,3 l/100 km (181 g CO₂/km), jämfört med 7,8 l/100 km (189 g CO₂/km) år 2006.

34 Under 2007 ökade andelen biodrivmedel inom vägtransportsektorn till 4,5 procent från 3,5 procent 2006.

35 Vägverket (2008)

36 SIKA Rapport 2007:4.Infrastrukturplanering som en del av transportpolitiken.

miljoner kr³⁷ upp till 8 miljarder kr per år för både privat biltrafik och näringslivets transporter³⁸ enligt olika beräkningar som gjorts.

I december 2007 presenterade Carl Cederschiöld på regeringens uppdrag utredningen *Trafiklösning Stockholm* som innefattar ett infrastrukturpaket med spår och vägar för en investeringskostnad på sammanlagt drygt 100 miljarder kr fram till år 2030.³⁹

Det sammansatta paketet av åtgärder i *Trafiklösning Stockholm* bidrar dock inte till en ökad måluppfyllelse jämfört med utgångsläget när det gäller flera av de transportpolitiska målen.⁴⁰ Konsekvensanalysen av *Trafiklösning Stockholm* visar att koldioxidutsläppen från Stockholmstrafiken kommer att öka med minst 77 procent om *Trafiklösning Stockholm* genomförs, baserat på genomsnittlig bränsleförbrukning i dagens fordonspark.⁴¹ Även om utvecklingen av fordonens bränsleförbrukning i genomsnitt skulle sjunka väsentligt fram till år 2030 bedöms att ytterligare kraftfulla åtgärder krävs för att drastiskt minska koldioxidutsläppen.⁴²

Konsekvensanalysen visar vidare att andelen resande med kollektivtrafik kommer att minska när utredningens åtgärder är genomförda - när den samlade trafiklösningen är helt genomförd omkring år 2030 har biltrafikens andel ökat från 39 procent till nästan 50 procent medan kollektivtrafikens andel har sjunkit från 42 procent till drygt 37 procent.⁴³ Kollektivtrafikandelen kan mätas på olika sätt. En annan uppskattning är att ungefär 25 procent av resandet i Stockholms län sker med kollektiva färdmedel.⁴⁴ Trängseln ökar i vägtrafiken jämfört med dagsläget när åtgärdspaketet är genomfört - andelen körfält i länet som utgör flaskhalsar⁴⁵ i högtrafik kommer att öka från dagens 0,1 procent till 0,5 procent - trängseln blir cirka 5 gånger så stor.⁴⁶

Utredningen *Trafiklösning Stockholm* redovisar inte hur paketets sammansättning skulle behöva förändras för att andelen resande med kollektivtrafik ska bibehållas eller t.o.m. öka till 2020 och 2030, eller hur trängsel och koldioxidutsläpp från transporter i Stockholm ska kunna fås att minska jämfört med idag.

Trafikpaketet och dess effekter ställs i *Trafiklösning Stockholm* mot att läget skulle vara ännu sämre vad gäller trängsel i vägtrafiken om inget gjordes till år 2030. Men däremellan finns ett stort spektrum av tänkbara omfördelningar av infrastruktur och styrmedel i åtgärdspaketet så att tillväxt och befolkning kan öka samtidigt som de transportpolitiska målen nås. Fallstudien tar sikte på frågan

37 Trivector (2004)

38 Kågesson, Per: Hur förhindra en trafikinfarkt i Stockholm? Nature Associates/Svenska Vägförbundet, 2001.

39 Cederschiöld (2007) *Trafiklösning för Stockholmsregionen till 2020 med utblick mot 2030*. Stockholmsförhandlingen, 2007-12-19

40 Regeringens proposition SOU 2005/06:160, "Moderna transporter".

41 WSP (2007c) sid 8

42 WSP (2007c) sid 9

43 WSP (2007c) sid 5

44 SIKA Rapport 2007:3

45 Ett mått på trängsel på väg är andelen körfält i regionen där färdhastigheten sätts ner till följd av köbildning. När färdhastigheten sätts ned med mer än 1/3 brukar man tala om att det uppstår en flaskhals i vägsystemet. Även om andelen väg som omfattas av kraftig köbildning kan synas liten får trafikstörmningarna återverkningar i större delar av systemet genom att all trafik som passerar flaskhalsarna berörs. WSP (2007c) sid 10.

46 WSP (2007c) sid 10

huruvida det är möjligt att omfördela infrastrukturinvesteringarna mellan trafikslagen för att på så sätt öka andelen kollektivtrafik och minska trängseln och därigenom bidra till ökad transportpolitisk måluppfyllelse.

2.2 Fallstudiens utgångspunkt

Mot bakgrund av Stockholmsregionens stora betydelse för att nå de transportpolitiska målen genomförs en fallstudie av hur en annan fördelning av investeringar i infrastruktur mellan olika trafikslag i Stockholmsregionen kan bidra till ökad måluppfyllelse.

Utgångspunkten är att studera möjligheterna att spårbilssystem skulle kunna utvecklas och införas på kort sikt i Stockholmsregionen och om detta system skulle bidra till högre transportpolitisk måluppfyllelse än de planer för infrastrukturinvesteringar som finns idag. Fallstudien har således en tidshorisont på kort-medellång sikt och använder år 2020 som prognosår för ekonomisk och befolkningsmässig tillväxt mm. Fallstudien fokuserar på främst tre aspekter:

- Kan en alternativ fördelning av infrastrukturinvesteringar på olika färdmedel kombinerat med styrmedel ge andra resultat vad gäller måluppfyllelse än den åtgärds mix som idag diskuteras i *Trafiklösning Stockholm*? I fallstudien studeras detta genom analys av dels en pendeltågslinje i sträckningen Skärholmen-Kista, och dels en spårbilsring runt Stockholm. Dessa spårlösningar kombineras i analysen med höjd trängselskatt för att stimulera överflyttning från bil till andra färdmedel.
- Kan ett spårbilssystem börja byggas för att komplettera dagens befintliga transportsystem? Spårbilssystem beskrivs ha sådana egenskaper att det snarare konkurrerar med biltrafikens flexibilitet och valfrihet, än med kollektivtrafik. Frågan i fallstudien är därmed hur ett spårbilssystem konkret kan utformas för att komplettera det befintliga transportsystemet och bidra till lösningar på problemen redan i närtid, d.v.s. under de kommande 10-20 åren.
- Vilka samhällsekonomiska effekter skulle ett spårbilssystem ge? Ett par exempel på fördelar med spårbilar som kan tänkas ge samhällsekonomisk nytta är att spårbilar som går ovan mark innebär att markyta frigörs och att trängseln i gatuplanet kan minska. Genom att utnyttja befintliga transportkorridorer i markplan eller i luftrummet ovanför kan intrång i natur-, och bebyggelsemiljöer minimeras. Buller och luftföroreningar kan minska med jämfört med andra färdmedel samtidigt som trafiksäkerheten kan öka. Den största samhällsekonomiska fördelen med spårbilar är dock förmodligen snabbheten och de restidsvinster som möjliggörs för såväl privatpersoner som näringsidkare.

2.3 Utformning av fallstudien

Referensscenario 2020

Som utgångspunkt för prognoserna har använts Väg- och Banverkets jämförelsealternativ för 2020, den så kallade basprognosen, i den pågående åtgärdsplaneringen. Vägnätet i basprognosen för 2020 innehåller alla objekt som är öppnade för trafik 2010 enligt den nu gällande Nationell plan för vägtransportssystemet 2004-2015.⁴⁷ Bland dessa ingår i Stockholmsregionen: fler körfält på E4 på vissa sträckor, Norra Länken, Norrortsleden, samt ny väg 73 mellan Fors och Älgviken. Ett nytt hastighetssystem för vägnätet är också inlagt på de nationella vägarna enligt Vägverkets pressrelease 2008-03-26, samt fler automatiska trafikkameror.

För Banverkets del ingår i basprognosen för 2020 dels beslutade åtgärder i spårtrafiken som påbörjas senast 2010, vilket bl a innebär Citybanan. Dels ingår kapacitetshöjande åtgärder så att järnvägen kan ta emot den trafik som bedöms efterfrågas 2020. Nya investeringar i tunnelbana och spårvägar i Stockholm som påbörjats efter 2001 ingår således inte i basprognosen för åtgärdsplaneringen eller i jämförelsealternativet i denna fallstudie.

Vidare har i jämförelsealternativ 2020 i denna fallstudie använts samma antaganden använts som i scenariot "EET 2020" i Väg- och Banverkets åtgärdsplanering när det gäller kalkylförutsättningar, förutom när det gäller "drivmedelspris" och "bränsleförbrukning per kilometer". För att lättare kunna studera effekterna av investeringarna i ny infrastruktur antas en relativt försiktig utveckling av drivmedelspriserna. Bränslepriset som använts i trafikprognosen och den samhällsekonomiska kalkylen för scenarierna år 2020 är 14,79 kr/liter bensin och 14,04 kr/liter diesel.

Befolkningstillväxt, sysselsättningstillväxt samt ekonomisk tillväxt för Stockholmsregionen har justerats upp med några procent jämfört med grundförutsättningarna i Sampers, detta för att efterlikna antagandena på dessa punkter i regionplanen för Stockholm, RUFSS 2001.⁴⁸

Två scenarier analyseras inom ramen för fallstudien. Utgångspunkten vid utformningen av scenarierna är de problem med tillgänglighet som diskuteras i Stockholmsregionen och som regionplanen RUFSS 2001, *Trafiklösning Stockholm* m.fl. utredningar har pekat ut. Scenarierna syftar därför till att belysa hur ökad tillgänglighet kan åstadkommas och samtidigt ge ökad transportpolitisk måluppfyllelse.

Det är viktigt att notera att de två scenarierna inte är ömsesidigt uteslutande. Scenario 1 ingår som en del i scenario 2. Scenario 1 liknar Vägverkets så kallade Kombinationsalternativ och kan därför jämföras med Vägverkets utredning om motorvägsleden Förbifart Stockholm. Scenario 2 är inte likvärdigt med scenario 1 ur kostnads- och kapacitetssynpunkt, eftersom det innebär fördubblade kostnader

⁴⁷ Se Vägverkets hemsida, www.vv.se

⁴⁸ RUFSS 2001. Trafikanalyser, Regionplane- och trafikkontoret, PM 2001:12.

och kraftigt utökad kapacitet jämfört med scenario 1. Syftet med scenario 2 är att beräkna de samhällsekonomiska effekterna av ett spårbilsystem, och scenariot kan i ett nästa steg jämföras med andra åtgärds kombinationer för att lösa Stockholms transport- och trängselproblem. Denna jämförelse av scenario 2 med likvärdiga alternativ görs dock inte i denna rapport.

På grund av det större formatet, kan Scenario 2 bättre jämföras med hela *Trafiklösning Stockholm* än med enskilda projekt som Förbifart Stockholm eller Citybanan.

Scenario 1 – Förbifart Stockholm på spår

I det första scenariot (utredningsalternativ UA1) är ansatsen att analysera om en ökad satsning på traditionell kollektivtrafik och styrmedel jämfört med åtgärds mixen i *Trafiklösning Stockholm* kan åstadkomma en ökad tillgänglighet och ökad transportpolitisk måluppfyllelse i Stockholmsregionen.

En central åtgärd i den samlade Trafiklösning Stockholm är den så kallade nord-sydliga förbindelsen över Saltsjö-Mälarsnittet som avser att öka tillgängligheten mellan regionens norra och södra del. Idag föreligger ett förslag om en ny motorväg i denna sträckning, Förbifart Stockholm. Syftet med Förbifart Stockholm kan främst sägas vara att tillhandahålla möjligheter för en starkt regional tillgänglighet, då den nationella genomfartstrafiken som passerar i denna sträckning har visat sig vara marginell.⁴⁹

För regionalt och lokalt resande i storstadsregioner och i pendlingsstråk mellan tätorter har spårburen kollektivtrafik stor potential att tillhandahålla en resurseffektiv tillgänglighet för persontransporter avseende miljö, trafiksäkerhet och minskad trängsel⁵⁰ i jämförelse med biltrafiken. Som scenario 1 analyserar därför SIKA om den ökade regionala tillgängligheten mellan Stockholms norra och södra delar som eftersträvas kan åstadkommas med en "Förbifart Stockholm på spår", i form av en pendeltågssträckning. Syftet är att i likhet med projektmålen för Förbifart Stockholm⁵¹ knyta ihop de regionala kärnorna Kungens Kurva, Flemingsberg, Kista, Häggvik och Barkarby.

I utredningen av Förbifart Stockholm redovisade Vägverket det så kallade Kombinationsalternativet. Kombinationsalternativet bestod förutom av en spårförbindelse också av utbyggnader i befintligt vägnät, samt trängselavgifter för att stimulera överflyttning av resande till kollektivtrafiken.⁵² Av de tre alternativ som redovisades i vägutredningen uppvisade Kombinationsalternativet bäst transportpolitisk måluppfyllelse, inklusive de bästa restidsförbättringarna för vägtrafik för flest kommuner i länet⁵³ – detta eftersom den ökade kollektivtrafikandelen ger ett utrymmesmässigt effektivare resande och därmed bidrar till mer utrymme i det befintliga vägsystemet. Trots den goda mål-

49 SIKA (2007d) sid. 30.

50 Vägverket (2004b)

51 SIKA (2007d)

52 Vägverket (2005b)

53 Vägverket (2005a), s. 172.

uppfyllelsen analyserades emellertid inte Kombinationsalternativet samhällsekonomisk lönsamhet.⁵⁴

Pendeltågssträckningen i Scenario 1 liknar till stor del den spårförbindelse som fanns i Vägverkets Kombinationsalternativ. SIKAs pendeltågsträckning an knyter dock i högre grad till Västerort genom att passera via Brommaplan. (se figur 2.1). Huvudsyftet är att påvisa möjligheten att med spårburen kollektivtrafik erhålla snabba och konkurrenskraftiga förbindelser mellan de regionala kärnor som utpekats i regionplanen 2001 och i vägutredningen om Förbifart Stockholm: Häggvik, Kista, Barkarby, Kungens Kurva och Flemingsberg.

Pendeltågsförbindelsen kan sägas motsvara Förbifart Stockholm på spår. I likhet med det så kallade Kombinationsalternativets pendeltågsförbindelse, så går dragningen av pendeltågslinjen betydligt närmare Stockholms centrala delar än vad vägalternativet Förbifart Stockholm gör. SIKA förmodar att detta har såväl för- och nackdelar: Pendeltågssträckningen kan inte konkurrera fullt ut med de effekter som sägs eftersträvas med Förbifart Stockholm eftersom sträckningen skiljer sig i denna geografiska aspekt. Å andra sidan är trängselproblemen och därmed avlastningsbehoven värst i Stockholms centrala delar. På samma vis som för vägtrafiken saknas alternativa överfarter över Saltsjö-Mälarsnittet för den spårburna trafiken.

Scenariot utformas på så sätt att mellan Häggvik och Sollentuna utnyttjas befintliga spår och stationsanläggningar på Norra stambanan. Strax före Helenelunds station ansluts en ny dubbelspårig bana som förs ned i tunnelläge och därefter viker av från stambanan mot sydväst fram till en underjordisk tunnelstation i Kista. Vid passage över Järvafältet mellan Ärvinge och Rissnehallen bör en ytspårslösning övervägas. I Sundbyberg är valet av stationsläge avgörande för att möjliggöra strategiskt viktiga spåranslutningar till Västeråsbanan. Från Sundbyberg förs banan vidare i tunnelläge under Bällstaviken och Bromma flygplats mot Brommaplan. Även vid denna bytespunkt blir det nödvändigt med en tunnelstation. Från Brommaplan viker banan av mot sydost under Ålstenslandet. Mälarsnittet passeras under det smala sund som löper mellan Solviksbadet och Axelsberg. För att åstadkomma anslutning till bägge linjegrenarna på tunnelbanans linje 2 kan stationer inrättas såväl vid Axelsberg som vid Telefonplan trots att det inbördes avståndet mellan dessa blir kort. Efter passage under Södertäljevägen kan ytsträckning gå genom Västberga fram till Nordsydbanans anslutning till Södra stambanan strax söder om Årsta godsbangård. I övrigt går dragningen i tunnel. Tunneldragningen är dyrbar men nödvändig för att minimera buller och fysiskt intrång utmed sträckningen.

- Total linjelängd: 32,8 km varav på befintlig bananläggning: 3,9 + 8,4 = 13,3 km
- Erforderlig ny bananläggning: 19,5 km, varav beräknade 17,5 km i tunnel.
- Befintliga stationer: 5, nya stationer: 5
- Max kapacitet⁵⁵ (2 enh.) vid 5 min. turtäthet: 20976 resenärer/timme.
- (2 enh.) vid 10 min. turtäthet: 10488 resenärer/timme.⁵⁶

⁵⁴ Vägverket (2005a), s. 13.

⁵⁵ Beräkningen baserad på SL lokaltåg typ X60.



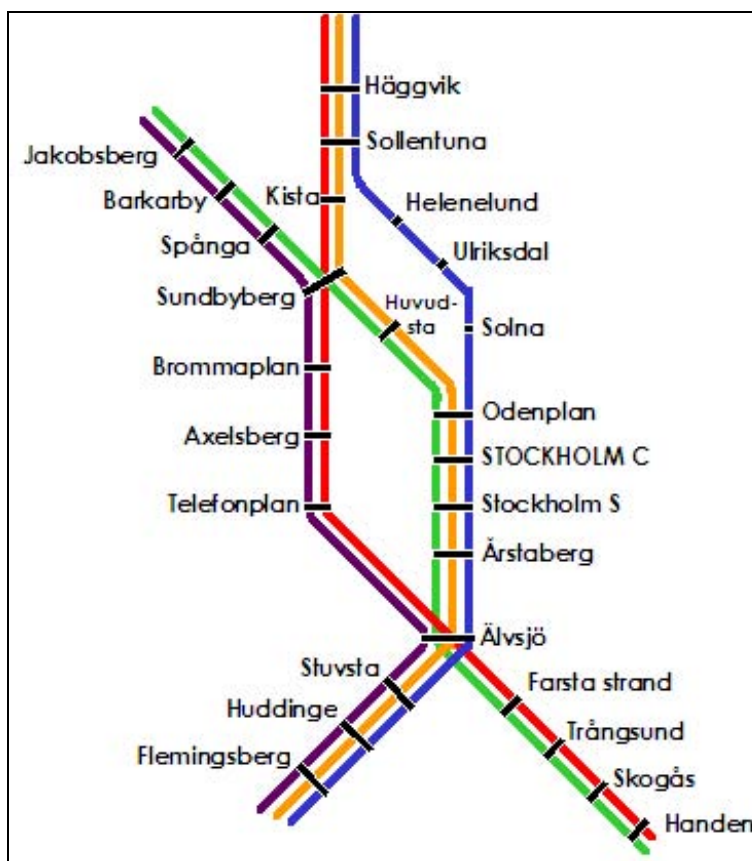
Figur 2.1. Pendeltågsförbindelsen i Scenario 1. Bilden visar anslutningarna till tunnelbana och övrig spårförbindelse. Bild: Maskotmedia 2008.

Trängselskattens utformning i Scenario 1

I tillägg till denna ökade kapacitet för kollektivtrafiken har i Scenario 1 även trängselskatten över Saltsjö-Mälarsnittet höjts till en antagen prisnivå år 2020 för att pröva om en ökad överföring av resande från personbil till kollektivtrafik kan stimuleras genom denna kombination av åtgärder:

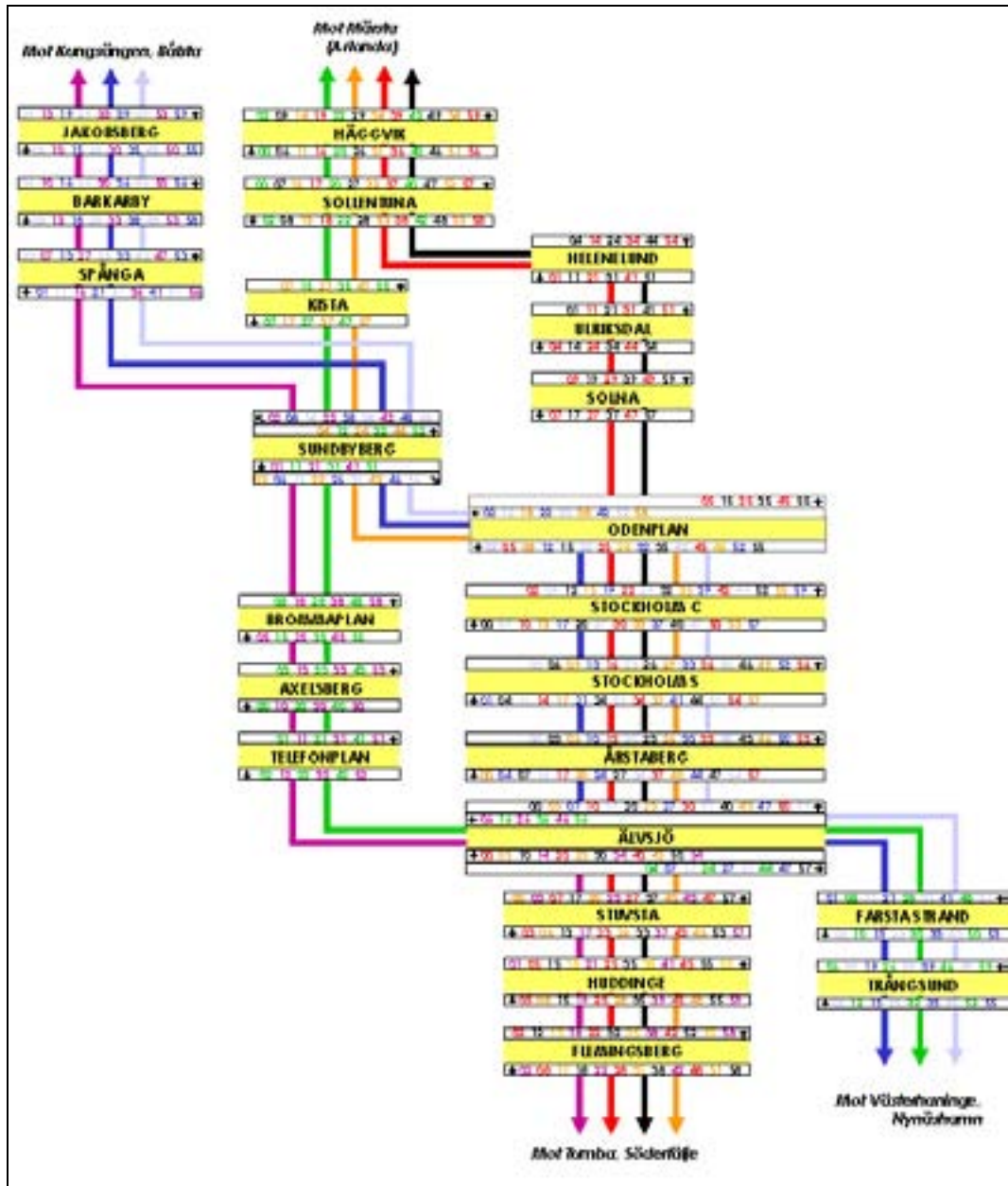
- passage i högtrafik 30 kr.
- passage i mellantrafik 25 kr
- passage i lågtrafik 20 kr
- maxavgift per dag för alla passager 100 kr.
- Essingeleden omfattas också genom kontrollstation mitt på Essingeleden

En ökad överföring av personresor från bil till kollektivtrafik kan väntas ge minskad trängsel i vägtransportssystemet och därmed ökat utrymme åt näringslivets transporter. Därför har, i likhet med vad som antagits i analyserna för 2030 i *Trafiklösning Stockholm*⁵⁷, en trängselavgift med samma nivåer som i ringen runt Stockholms innerstad lagts på Essingeleden. Eftersom år 2020 ligger 12 år framåt i tiden har avgiftsnivåerna justerats så att maxavgiften sätts till 100 kr/dag.



Figur 2.2. Alternativa linjekombinationer via pendeltågsträckningen i scenario 1. Bild: Maskotmedia 2008.

⁵⁷ WSP (2007c)



Figur 2.3. Trafikering i pendeltågsnätet i Scenario 1. Bild: Maskotmedia

Scenario 2 – Spårbilsystem i Stockholm

I scenario 2, är ansatsen att belysa hur det ovan beskrivna spårbilsystemet kan bidra till ökad tillgänglighet och ökad transportpolitisk måluppfyllelse i Stockholmsregionen. Detta scenario baseras på att pendeltågssträckningen och trängselavgiftssystemet i Scenario 1 ingår som en del. Spårbilsnätet i scenario 2 är förlagt som en struktur runt Stockholmsregionen, som binder ihop befintliga och framtida kollektivtrafikknutpunkter, handels-, arbetsplats- och evenemangslokaliseringar där efterfrågan på god tillgänglighet kommer att vara stor. Kapaciteten i denna nätstruktur bedöms behöva motsvara pendeltågskapacitet, d.v.s. cirka 11000 - 21 000 resenärer/timme som beskrevs i scenario 1 ovan.

Spårbilar som är anpassade för 8 personer⁵⁸ och som åker på bana med 3 sekunders mellanrum innebär en kapacitet på 9600 resenärer i timmen i en riktning, d.v.s. det dubbla i sträckningens båda riktningar. Vid högtrafik kan spårbilsystemet anpassas för att klara en högre kapacitet genom att koppla ihop spårbilar till ”spårbilståg”; 3 enheter sammankopplade ger en kapacitet på 28800 resenärer / timme på banan i en riktning.⁵⁹

Liksom i scenario 1 är detta spårbilsnät utformat för att minimera buller och fysiskt intrång i känsliga natur- och kulturmiljöer samt vid passager genom eller nära bostadsområden. Därför är även delar av spårbilsträckningen i detta Scenario 2 tänkt att förläggas i tunnel vid känsliga passager. Sträckningen ovan mark är tänkt att förläggas så mycket som möjligt i befintliga infrastrukturkorridorer – längs trafikerade vägar o.s.v., för att minimera intrångseffekterna och för att förenkla byggandet. Finns utrymme kan spårbilsträckningen även läggas i markplan för att hålla kostnaderna nere. Figur 2.4 och 2.5 visar hur det kan se ut när spårbilsystemet förläggs i befintlig väginfrastruktur.



Figur 2.4. Spårbilar i befintlig väginfrastruktur.
Bild: LogistikCentrum

⁵⁸ I vissa studier antar man 4-6 sittplatser i spårbilar. Antalet sittplatser kan med fördel variera för att ge plats åt tex barnvagnar eller rullstolar el dyl, utan att spårbilarnas yttermått varierar.

⁵⁹ 3 spårbilar á 8 pass = 24 pass. Med 3 sek emellan blir det $24\text{pass} \cdot 3600/3\text{sek} = 28800\text{ pass/h}$



**Figur 2.5. Spårbilar vid Kungens Kurva i Stockholm.
Bild: LogistikCentrum**

Det skisserade spårbilsnätet i Scenario 2 är cirka 160 km långt med 41 stationer, d.v.s. med cirka 4 km mellan stationerna i genomsnitt.⁶⁰ Stationerna ligger vid viktiga knutpunkter som trafikterminaler, köpcenter och liknande. Spårbilsnätet är tänkt att komplettera nuvarande länsregionala transportsystem genom att skapa en sammanbindande ring runt de yttre delarna av Storstockholm. Spårbilsringen försöker täcka stråk som idag inte trafikeras av kollektivtrafik och sammanbinder därmed viktiga knutpunkter i regionen genom att skapa nya förbindelser.

Sammanlagd banlängd: cirka 160 km dubbelspår, varav
 Ca 15 km i tunnel
 Ca 115 km i markplan utmed större vägar
 Ca 30 km i luften framförallt i centrala delar

⁶⁰ IST (2008a) antar som jämförelse en etappvis utbyggnad med ett inre och yttre nät. Stadsnätets spårlängd antas bli 26 km och antalet stationer 39 st. Det betyder en längd av cirka 650 m mellan stationerna. För den yttre ringen antas spårlängden bli 13 km med ett tiotal stationer anslutna. Det skulle innebära cirka 1,3 km mellan stationerna i den yttre ringen. (sid 79).



Figur 2.6. Scenario 1 och 2. Pendeltågslinje Häggvik-Brommaplan-Älvsjö (ljusblå färg) och spårbilsnät (mörkblå färg). Ur Översiktskartan © Lantmäteriverket Medgiv-2008-16901. Bild: SIKA



Figur 2.7. Specifikation av stationer i Scenario 2 Spårbilsnät i Stockholm. Ur Översiktskartan © Lantmäteriverket Medgiv-2008-16901. Bild: SIKA

2.4 Underlagen för trafikprognosen i fallstudien

De båda fallstudierna av en kraftigt utbyggd kollektivtrafik i form av en pendeltågstunnel samt en kompletterande regional spårbilsring i Stockholm har skett med modell- och prognosverktyget Sampers⁶¹. Modellverktyget innehåller stora mängder data om befolkningstillväxt, ekonomisk tillväxt, markplanering, mm. SIKa har haft ambitionen att i möjligaste mån följa utredningen om Trafiklösning Stockholm när det gäller olika parametrar i prognosen för att göra resultaten jämförbara. Underlaget för prognoserna är därför hämtat dels från SAMS⁶² och dels från regionplan 2001 som utgör grunden för antaganden om befolkningsutveckling etc. i Trafiklösning Stockholm.

2.5 Resultat av trafikprognoserna

Här presenteras en sammanfattning av de resultat som kommit fram i prognosen som gjorts med modellverktyget Sampers. En mer utförlig presentation av resultaten finns i rapporten *Infrastrukturplanering för ökad transportpolitisk måluppfyllelse i storstäder – en fallstudie av Stockholmsregionen* (SIKA rapport 2008:6).

Scenario 1 – Förbifart Stockholm på spår

Förändringar i restider mellan knutpunkter

Pendeltågslinjen i scenario 1 minskar kollektivrestiderna mellan olika områden i Stockholm. Scenario 1 kan jämföras med den planerade motorvägsleden Förbifart Stockholm. I tabell 2.1 visas en jämförelse mellan Förbifart Stockholm motorvägsled år 2015, vårt referensscenario år 2020, och vårt scenario 1.

De bilrestider som redovisas för Förbifart Stockholm avser restiden ”dörr till dörr” och inkluderar åktid i fordonet samt tilläggstid för t.ex. sökande av parkeringsplats och gångtid till och från fordonet. Storleken på tillägget i restiden i start- och målpunkten uppgår i genomsnitt till cirka 10 minuter.⁶³

Förutom att en prognos för Förbifart Stockholm gäller 2015, blir jämförelsen inte helt rättvisande eftersom inte alla underliggande faktorer bakom prognoserna är kända. Men det kan konstateras att i några av relationerna blir restiderna betydligt kortare med kollektivtrafik än med bil. Scenario 1 medför att restiderna minskar i de flesta relationer jämfört med referensscenariot, framförallt i relationer som passerar Saltsjö-Mälarsnittet.

⁶¹ Sampers är ett etablerat modellverktyg som SIKa tagit fram tillsammans med trafikverken och som används av trafikverken m fl för att göra trafikprognoser t ex 10-20 år framåt i tiden.

⁶² SAMS står för Samhällsplanering med miljömål i Sverige, och är ett projekt som drivits av Boverket och Naturvårdsverket i samarbete med kommuner och regionala myndigheter.

⁶³ WSP (2007b)

Tabell 2.1 Restider med bil- respektive kollektivtrafik i Referensscenariot, Scenario 1 , samt med Förbifart Stockholm⁶⁴. Kortast restid markerad med stjärna *.

	Förbifart Stockholm bil 2015	Referens scenario bil 2020	Scenario 1 bil 2020	Scenario1 Kolltrafik 2020
Kista Centrum (KiC) -> SkC	29,3	32,9	31,1	26*
Skärholmen C (SkC) -> Ki C	35,2	37,2	33,7	26*
KiC->Barkarby Outlet (BaO)	17,2	13,8	13,7*	15 (Barkarby C)
BaO->KiC	19,2	15,1	15*	15 (Barkarby C)
KiC->Flemingsberg C (FIC)	38,1	40,6	38,5	27*
FIC->KiC	41,7	42,9	39,2	27*
KiC->Häggvik (Hägg)	17,7	12,5	12,5	6*
Hägg->KiC	18,2	14,1	13,8	6*
SkC->BaO	27*	43,7	41,8	30 (Barkarby C)
BaO->SkC	23,5*	39,1	37,5	30 (Barkarby C)
FIC->SkC	18,4	15,6*	15,6*	26
SkC->FIC	18,2	15,4	15,3*	26
SkC->Hägg	31,5*	40,8	37,3	32
Hägg->SkC	27,9*	38,1	36,3	32
BaO->FIC	32,3*	46,8	44,6	31 (Barkarby C)
FIC->BaO	33,5*	49,4	45,2	31 (Barkarby C)
BaO->Hägg	15,4*	18,4	18,3	23 (Barkarby C)
Hägg->BaO	15,5*	18,3	18,3	23 (Barkarby C)
FIC->Hägg	38	46,5	42,9	33*
Hägg->FIC	36,7	45,8	43,7	33*

* Kortaste restiden i respektive relation

Effekter på totalt trafikarbete

De minskade restider som den nya pendeltågssträckningen ger får till följd att fler väljer att åka kollektivt, dvs det sker en överflyttning från biltrafik till kollektivtrafik. Det totala antalet fordonskilometer (under ett genomsnittligt vardagsdygn och under rusningstid) minskar med cirka 3 procent. Antalet fordonskm med privata bilresor minskar med cirka 4 procent, och antalet fordonskm med bil i yrkestrafik är relativt oförändrad jämfört med vårt referensscenario.

Det totala antalet personkilometer (vardagsmedeldygn) minskar med cirka 1 procent. Antalet personkm med pendeltåg ökar med cirka 23 procent, medan antalet personkm med bil och buss minskar med cirka 4%. Antal personkm med övrig järnvägstrafik minskar med cirka 8 procent, d.v.s. det blir sittplatser lediga på tågen.

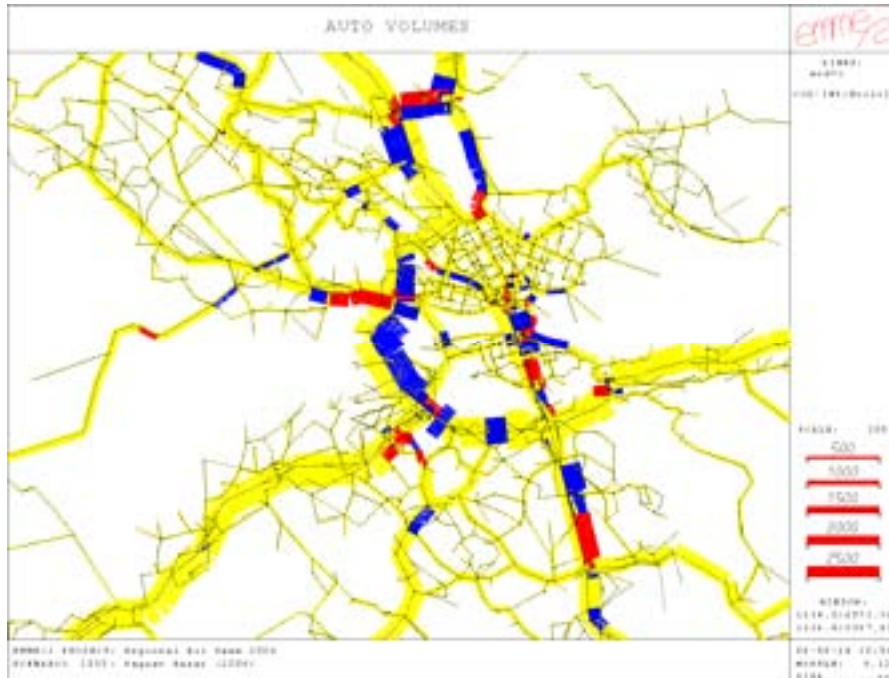
På Essingeleden minskar biltrafiken med drygt 35 procent under rusningstid, d.v.s. en framkomligheten ökar kraftigt, vilket påverkar de kommersiella lastbils-transporterna positivt. Hur stor effekten blir har dock inte kunnat analyseras.

Effekter på trängsel och köbildning

Trängsel mäts i antal köfältskilometer med nedsatt hastighet. Figurerna 2.2 och 2.3 visar trängseln i referensscenario basåret 2006 respektive prognosåret 2020. Figur 2.4 visar trängselsituationen prognosåret 2020 i scenario 1. Blåa fält visar köfältskilometer där hastigheten är nedsatt 33-50 procent på grund av köbildning. Röda fält visar köfältskilometer där hastigheten är nedsatt med över 50 procent.

64 WSP (2007b)

Enligt prognosen ökar antalet km med måttlig trängsel (blåa fält) med 50 procent till år 2020 i referensscenariot. I scenario 1 är samma ökning enbart 15 procent. Antalet km med kraftig trängsel (röda fält) ökar med 67 procent i referensscenariot, och enbart 9 procent i scenario 1.



Figur 2.2 Flaskhalsar vid beaktande av friflödes hastighet i ref-scenariot (BAS), år 2006. Blått: 33 procent - 50 procent hastighetsnedsättning, rött: >50 procent hastighetsnedsättning

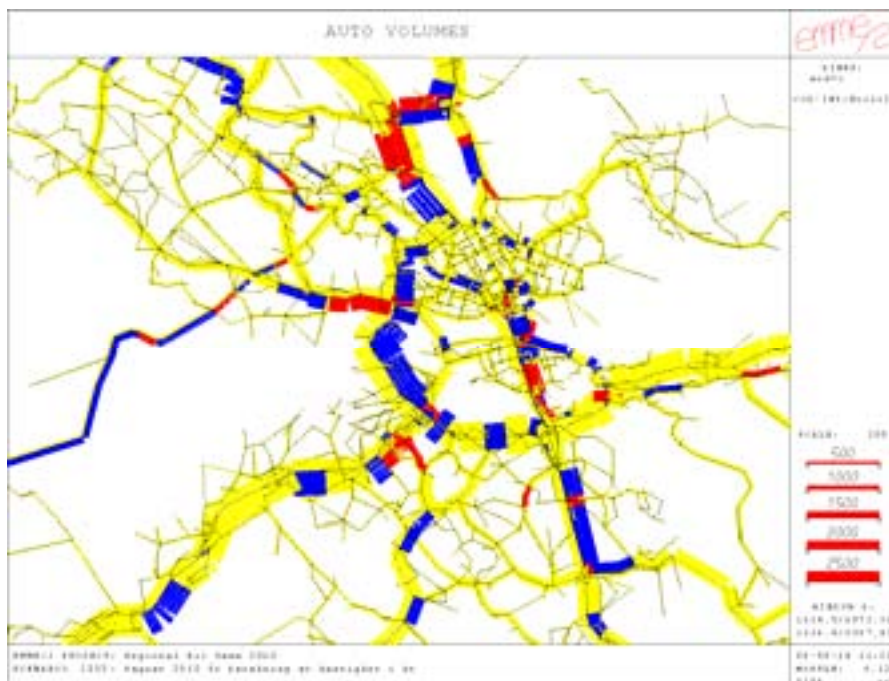
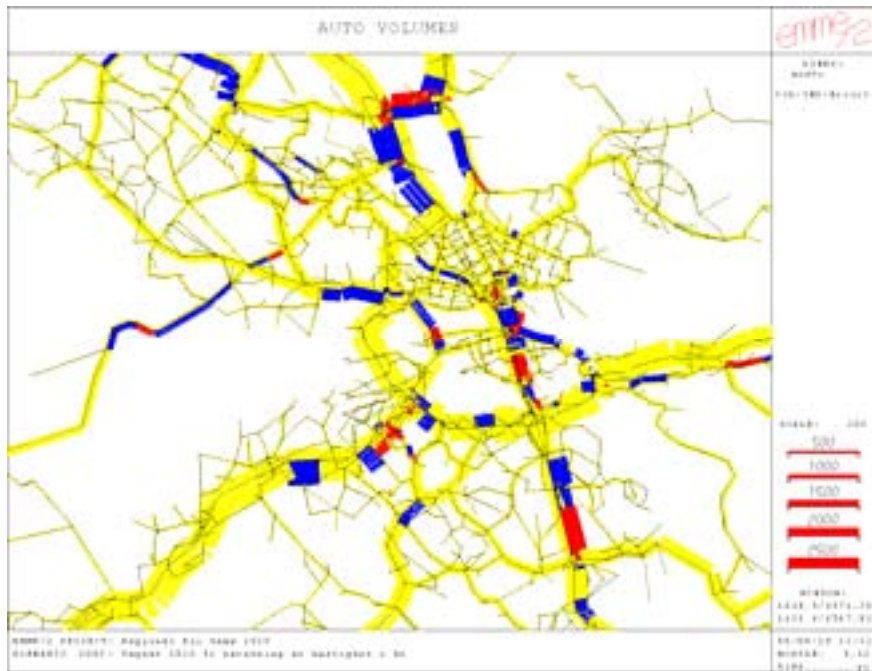


Fig 2.3 Flaskhalsar vid beaktande av friflödes hastighet i ref-scenariot, år 2020



Figur 2.4 Flaskhalsar år 2020 vid beaktande av friflödes hastighet i Scenario 1: Pendeltåg. Blått: 33 procent - 50 procent hastighetsnedsättning, rött: >50 procent hastighetsnedsättning.

Scenario 2 – Pendeltåg och Spårbilssystem i Stockholm

Effekter på totalt trafikarbete

Med spårbilsnätet i scenario 2 minskar restiderna ytterligare mellan olika områden, vilket leder till att överflyttningen från bil till spårbilar och kollektivtrafik ökar ytterligare. Det totala antalet fordonskm (genomsnittlig vardag) minskar med cirka 4 procent, d.v.s. ytterligare cirka 1 procentenhet jämfört med scenario 1. Antalet fordonskm med privata bilresor minskar med drygt 5 procent, vilket är cirka 1.5 procentenheter mer än i scenario 1. Antalet fordonskm med bilar i yrkestrafik är i stort sett oförändrad jämfört med scenario 1. Under rusningstrafik (maxtimme) är den totala skillnaden ungefär densamma, men minskningen för privata bilar är nästan 7 procent, vilket är en ytterligare minskning med cirka 2 procentenheter jämfört med scenario 1.

Det totala antalet personkilometer (under en genomsnittlig vardag) ökar med cirka 2 procent, medan scenario 1 innebar en minskning med 1 procent. Antalet personkm med pendeltåg minskar med knappt cirka 12 procent jämfört med referensscenariot och antalet personkm med buss minskar med cirka 21 procent, vilket är en kraftig minskning. Antalet personkm med tunnelbana minskar med 18 procent jämfört med idag, vilket är en minskning med 32 procent jämfört med refsceanriot. Antal personkm med övrig järnvägstrafik minskar med cirka 11 procent. Detta visar att spårbilarna stjälar ett stor del av trafikarbetet från det traditionella kollektivtrafiksystemet, framförallt från tunnelbanan. Biltrafiken på Essingeleden minskar ytterligare någon procentenhet jämfört med scenario 1.

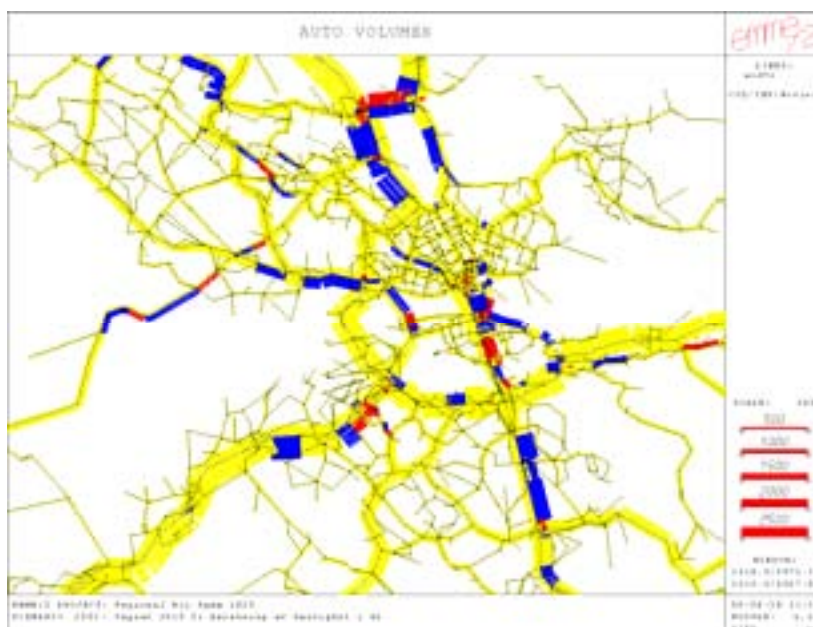
Effekter på trängsel och köbildning

Figur 2.5 visar effekterna på trängseln av den kombination av pendeltåg och spårbilsnät som ingår i scenario 2. Trängseln minskar ytterligare jämfört med scenario 1. Enligt prognosen ökar antalet km med måttlig trängsel (blåa fält) med 15 procent till år 2020 i scenario 1, men med enbart 5 procent i scenario 2. Antalet km med kraftig trängsel (röda fält) ökar med 9 procent i scenario 1, men enbart 7 procent i scenario 2. Det är framförallt en minskning av kraftig trängsel (röda fält) på Bergshamraleden som minskar i scenario 2.

Kollektivresandandelen ökar till 32 procent under ett genomsnittligt vardagsdygn, och 32 procent av kollektivresorna görs med spårbil. Det ger en andel spårbilsresande på 10 procent av det totala resandet. Även andelen gång och cykelresande minskar något i scenario 2 jämför med referensscenariot. Beroende på spårbilsnätets täthet och avstånd mellan hållplatserna sker en viss överflyttning från gång och cykelresor till spårbilsresor.

Ökat Mälardalsresande

Järnvägsresandet i prognosen omfattar regional järnvägstrafik och pendeltåg, men inte tågresor med X2000. Av den regionala trafiken är det inte alla resor som inkluderas eftersom en del hanteras i den nationella prognosmodellen. I prognosen ingår effekter för regionala tågresor under 10 mil plus alla arbetsresor, inklusive regional arbetspendling. Prognosen visar att den ökade tillgängligheten till fjärrtågstrafiken som skapas genom tvärförbindelserna inom Stockholmsregionen bidrar till en överflyttning av resande inom Mälardalsregionen från bil till kollektivtrafik. Detta sker utan att den inomregionala tågtrafikeringen i Mälardalen påverkats.



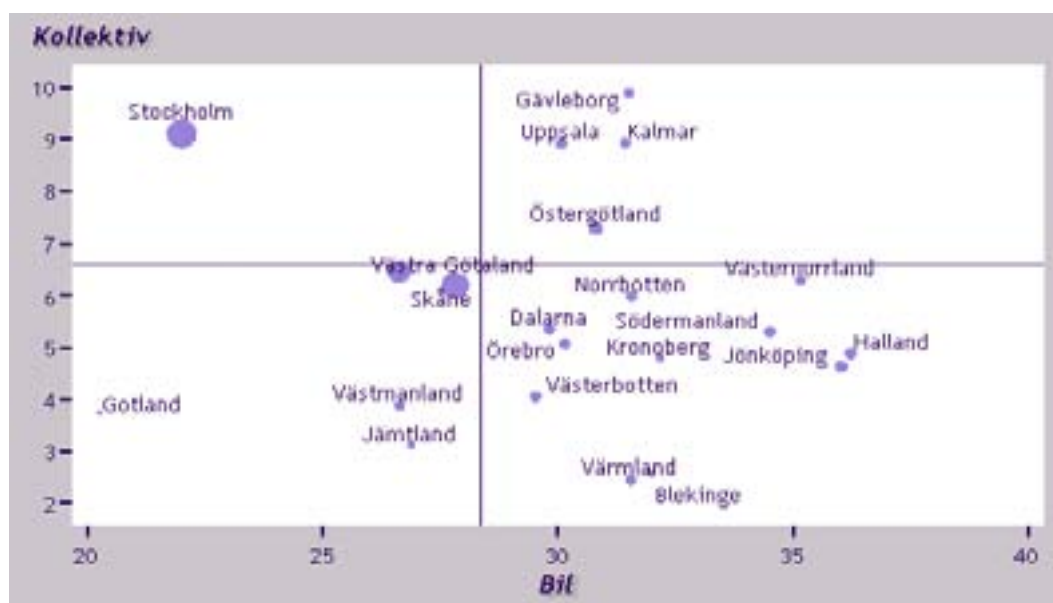
Figur 2.11. 2.5 Flaskhalsar år 2020 vid beaktande av friflödes hastighet i Scenario 2. Blått 33 procent - 50 procent hastighetsnedsättning, rött över 50 procent hastighetsnedsättning.

3 Höghastighetsnät för spårbilar i Mälardalen

I denna fallstudie görs en samhällsekonomisk analys av ett fullt utbyggt höghastighetsnät för spårbilar i Mälardalen, med sikte på år 2030-2040, dvs på längre sikt än år 2020 som var prognosår för Stockholmsstudien. Höghastighetsnätet är tänkt att komplettera dagens interregionala kommunikationer runt Mälaren, och erbjuda kortare tidsavstånd mellan Mälarkommunerna och Stockholm än vad motorväg och järnväg kan erbjuda.

3.1 Resandet i Mälardalen

Utifrån resdata från jämförelsealternativet för år 2020 som använts i Samperskörningen kan vi uppskatta trafikflödena mellan kommunerna i Mälardalen. Resultaten från den lokala Samperskörningen kan också ge underlag till antaganden om den interregionala överflyttningen till spårbil från andra trafikslag.



Figur 3.1. Genomsnittligt antal resta kilometer per person och dag med kollektiva färdmedel och bil. Källa: RES 05/06. Tabell 19.

Figur 3.1 visar hur det genomsnittliga resandet skiljer sig åt mellan Sveriges olika län. De fyra länen som ligger runt Mälaren – Stockholm, Uppsala, Västmanland och Södermanland – har ganska olika resmönster och hamnar i var sin kvadrant i figuren. Bland Mälardalslänen har Stockholm störst antal resta kilometer per dag och person med kollektivtrafik, medan Södermanland har störst antal resta kilometer per dag och person med bil.

Det innebär i sin tur att resandet med spårbilssystemet kan komma att skilja sig åt mellan de olika länen. Skillnaderna mellan länen kan också indikera att dagens utbyggnad av kollektivtrafik skiljer sig åt mellan länen. Enligt resvaneundersökningen RES05/06 görs cirka 220 000 huvudresor med personbil per dag i Uppsala län och ungefär lika många i Södermanlands och Västmanlands län.⁶⁵ I Stockholm görs cirka 1120 000, d.v.s. cirka 5 gånger så många bilresor per dag. Samtidigt görs cirka 55000 huvudresor sammanlagt med buss eller tåg inom Uppsala län, cirka 27000 i Södermanlands, och cirka 23000 i Västmanlands län. I genomsnitt blir det cirka 35000 resor med buss eller tåg i dessa Mälardalslän. I Stockholms län görs cirka 400.000 resor, ungefär 11 gånger så många resor.⁶⁶ Mer än 6 gånger så många resor görs med bil jämfört med buss eller tåg. Observera att detta är resor inom länen, och inkluderar inte pendlingsresor över länsgräns.

Vägverkets slangmätningar inkluderar pendlingsresor och från dessa mätningar vet vi att på vägsträckorna mellan Stockholm, Uppsala, Enköping, Västerås, Eskilstuna, Södertälje passerar i genomsnitt cirka 13 000 fordon per dag, varav de flesta är personbilar.⁶⁷ Närmare Stockholm är det fler fordon och längre bort från Stockholm är det färre fordon. Samtidigt vet vi att det görs cirka 3000 tågresor i genomsnitt per dag mellan de olika orterna runt Mälaren.⁶⁸ Det betyder att enligt våra uppgifter görs drygt 4 gånger fler bilresor än tågresor per dag mellan orterna i Mälardalen. Summerar vi dessa resor under ett år får vi cirka 6 miljoner resor sammanlagt fördelat på de stora stråken utmed Mälaren. Trafikverken uppskattar trafiktillväxten till 1,7 procent per år fram till år 2020 och därefter 1 procent per år.⁶⁹ Med den tillväxten blir antalet bil- och tågresor år 2040 knappt 10 miljoner sammanlagt på för oss relevanta sträckor i Mälardalen enligt våra uppgifter och antaganden.

3.2 Infrastrukturen kring Mälaren

Mälarenregionen har cirka 3 miljoner invånare sammanlagt. Det är en flerkärnig region som utvecklas till en alltmer sammansatt arbetsmarknadsregion med stora pendlingsströmmar mellan de olika tätorterna. Östersjöområdet förutses bli en av de starkaste tillväxtregionerna i världen under det närmaste decenniet.⁷⁰ Som central region i det växande Östersjöområdet kommer såväl befolkning som resande att öka runt Mälardalen. I sin Territorial Review över Stockholm-Mälarenregionen konstaterar OECD att det är en storstadsregion med växtvärk. För att kunna dra ekonomiska skalfördelar av en storregion är det nödvändigt att kommunikationerna i regionen förbättras.⁷¹

I sin Framtidsplan för järnvägen⁷² från 2004 beskriver Banverket trafiksituationen utmed Mälarenbanan Stockholm-Västerås-Kolbäck-Arboga. Trafikvolymen längs banan är hög och resandeutvecklingen mycket positiv vilket tyder på att bostads-

65 RES 05/06, Tabell 1, tabellbilaga, www.sika-institute.se

66 RES 05/06, Tabell 1, tabellbilaga, www.sika-institute.se

67 Vägverkets kartor med trafikflöden, http://www.vv.se/templates/page3____24868.aspx, samt egna beräkningar.

68 Uppgifter om resande från SJ AB.

69 Enligt parametrar i prognosverket Sompers

70 www.malardalsradet.se

71 OECD (2006)

72 Banverket (2004)

och arbetsmarknaderna vidgas med effektiva järnvägsförbindelser. Framförallt Västerås och orterna mellan Västerås och Stockholm har en tilltagande befolkningstillväxt och ökande pendling med Stockholmsområdet. Aktörerna längs stråket argumenterar kraftigt för förstärkta förbindelser med Stockholm när det gäller såväl utbud som restid. Restiden Stockholm-Västerås är idag 51 minuter med tåg utan uppehåll på mellanliggande stationer.

Mellan Västerås C och Stockholm C är vägavståndet 108 km.⁷³ Eftersom väg och järnväg ligger parallellt på sträckan antar vi samma avstånd för båda. Det innebär att snitthastigheten för direkttåget är 127 km/h. Enligt Banverket är önskemålet att under rusningstrafik köra direkttåg med restid på cirka 40 minuter, vilket betyder en hastighet på 162 km/h. Banverket skriver också att på sikt kan det bli aktuellt att komplettera med nya regionaltågstationer i Västmanland.

För att ett tåg ska klara av en restid på 40 minuter mellan Västerås och Stockholm samtidigt som tåget gör stopp på mellanliggande stationer krävs en mycket högre hastighet än 162 km/h.

Banverket beskriver också Svealandsbanan mellan Södertälje-Eskilstuna-Valskog. Sedan Svealandsbanan öppnades har resandeutvecklingen varit mycket positiv och de förbättrade kommunikationerna har bidragit till regionförstoring och påtagligt bättre utveckling för kommunerna längs banan. Arbetspendlingen mellan Eskilstuna-Stockholm har ökat kraftigt. Den stora resandetillströmningen mellan Eskilstuna-Södertälje har bl.a. lett till brist på sittplatser.

Ambitionen är att kunna köra tåg en gång i halvtimmen med en förtätning till ett tåg i kvarten under rusningstid. Mellan Eskilstuna C – Stockholm C är det 115 km med tåg.⁷⁴ Kortaste restiden med tåg är 53 min.⁷⁵ Det betyder en medelhastighet på 130 km/h med direkttåg utan stopp på mellanliggande stationer.

Länken Enköping – Uppsala saknar idag tågförbindelse. Snabbaste tågresan från Västerås till Arlanda flygplats går via Sala och tar 1:26 timmar inklusive byte i Sala. Snabbaste bussförbindelsen mellan Västerås och Arlanda flygplats är ”Flygturen” som tar 1:33 timmar. Snabbaste bilresan Västerås-Arlanda går via Rotebro och tar 1:22 timmar.⁷⁶

Vägverket beskriver i sin framtidsplan *Den goda resan*⁷⁷ vägnätets situation i Mälardalen. Europaväg 18 förbinder västra Svealand med Stockholm och ingår i den Nordiska Triangeln som i sin tur ingår i av EU utpekade transeuropeiska transportnätverket TEN-T. E18 sträcker sig från Kapellskär-Stockholm-Västerås-Örebro-Karlstad-Oslo-Kristiansand och har särskild betydelse för transporterna mellan Norge, Sverige-Finland och Ryssland. Kring Västerås finns det emellertid vissa flaskhalsar där trafiken inte är mötesseparerad, vilket också bidrar till

73 www.eniro.se

74 www.resplus.se

75 www.resplus.se

76 www.resrobot.se

77 Vägverket (2004a)

trafikolyckor. Antalet fordon varierar enligt Vägverket mellan 18000 och 30 000 fordon per dygn.

Europaväg 20 förbinder storstadsregionerna Göteborg och Stockholm och är också en viktig vägförbindelse för godstransporter mellan Göteborg/Västkusten och Bergslagen/Mälardalen/Stockholm. Den del av E20 som går utmed Mälaren ingår också i det av EU utpekade transeuropeiska transportnätverket (TEN-T).

Från Södertälje till Stockholm är E20 gemensam med E4. Från Uppsalavägen går vägen till hamnarna i Värtan och Frihamnen i stadsgatumiljö på Sveavägen, Valhallavägen, Lidingövägen m.fl. vägar. Antalet fordon varierar enligt Vägverket mellan 35 000 och 70 000 fordon per dygn. Detta medför stora problem med framkomlighet och trafiksäkerhetsrisker samt stora miljöstörningar för de boende i området.

3.3 Interregional spårbilsbana i Mälardalen

Vägverkets och Banverkets långsiktiga planer visar att väg- och järnvägssträckningarna utmed Mälardalen är strategiskt viktiga stråk och förutspås stor trafik tillväxt.

Även den nord-sydliga förlängningen av linjen Västerås-Eskilstuna är ett strategiskt viktigt transportstråk. Enligt RES 05-06 finns en potential på ungefär 6 miljoner resande på hela eller delar av sträckan Gävle-(Sala)-Västerås-Eskilstuna-Katrineholm-Norrköping-Linköping.⁷⁸ Infrastrukturen är dåligt utbyggd vilket medverkar till att trafiken mer eller mindre tvingas österut genom trängseln i Stockholm eller västerut på dåliga vägar och järnvägar. Investeringar i infrastruktur kan förkorta restiden avsevärt och samtidigt avlasta Stockholms län betydligt. Norra och södra Sverige skulle komma halvannan timme närmare varandra och dessutom minska behovet av flyg. Länken mellan Västerås och Eskilstuna blir därigenom en nyckellänk i regionen och är på sätt och vis västra Mälarens motsvarighet till Stockholms "getingmidja".

Det är därför intressant att studera vilken effekt en utbyggnad av spårbilsystem på dessa sträckor skulle ha. Ett utbyggt spårbilsystem för persontrafik skulle kunna avlasta väg- och järnvägsnäten kraftigt och därmed öka kapaciteten på väg och järnväg för godstrafiken. Genom en överföring av persontrafik till spårbilsnätet skulle också mängden allvarliga olyckor kunna minska.

⁷⁸ Interregionala resor > 5 mil, RES 05/06, egna beräkningar

Våra uppgifter om 10 miljoner resande per år ovan motsvarar ett resande på cirka 1400 resande per timme fördelat på sträckorna i Mälardalen.⁷⁹ Om alla 10 miljoner resande färdas med spårbil och vi antar 2 personer per spårbil samt att vi kan koppla ihop tre spårbilar, då krävs ett ”spårbilståg” á tre vagnar ungefär var 15 sek för att klara detta.⁸⁰



Figur 3.2. Tågbildning vid hög hastighet och skilda fordon vid låg hastighet. Bild: Hans Kylberg, SIKA rapport 2006:2

Västerås-Eskilstuna utgör en av Sveriges största klusterbildningar och kan uppfattas som interregionalt centrum i västra Mälaren-området. Det pågår också diskussioner i Västerås och Eskilstuna om att bygga lokala spårbilsnät och att koppla ihop kommunernas lokala nät med en spårbilsbro över Mälaren.⁸¹ Även i Södertälje diskuteras utbyggnad av ett lokalt spårbilsnät.⁸² På SLU i Ultuna har en studie gjorts om spårbilar i Uppsala.⁸³ Storstockholms Lokaltrafik (SL) har gjort en utredning om spårbilar och bedömer spårbilar som ett intressant färdmedel på sikt.⁸⁴ Förutom de här nämnda kommunerna finns det inledningsvis beskrivna KOMPASS-nätverket med representanter från kommuner med mer eller mindre framskridna planer på lokala spårbilbanor.

Ett tänkbart scenario skulle kunna vara en etappvis utbyggnad av ett interregionalt spårbilsnät som verkar sammanhållande mellan dessa kommuner i Mälardalen. Om dessa kommuner i framtiden bygger lokala spårbilsnät kommer ett fullt utbyggt sammanhållande spårbilsnät i Mälardalen att innebära kraftiga positiva effekter på nyttan av lokalnäten. Även om inte några kommunala spårbilsnät etableras i Mälardalen, kan ett större interregionalt nät ändå ha stora fördelar tack vare möjligheterna till snabba, bytesfria resor mellan orterna i regionen.

79 10 miljoner / 365 dagar / 20 timmar = 1370 resande per timme.

80 3 spårbilar á 2 pass=6 pass. Med 15 sek (833 m vid 200km/h) emellan blir det $6\text{pass} \cdot 3600 / 15\text{sek} = 1440 \text{ pass/h}$.

81 IST (2008a).

82 WSP (2008) Spårbilar för Södertälje – en transportvision. Patrik Wirsenius, Södertälje kommun

83 Dommitzsch, Gutierrez mfl.(2006),

84 SL(2007) Spårbil för SL

Utifrån Vägverkets och Banverkets beskrivningar av sina respektive planer i Mälardalen och siffror över resandet, gör vi en översiktlig samhällsekonomisk analys av de samhällsekonomiska konsekvenserna av ett spårbilsnät i Mälardalen. Det är viktigt att komma ihåg att denna översiktliga analys inte görs med hjälp av prognosverktyget Sampers/Samkalk. Analysen har därför större osäkerhet vad gäller prognostiserad trafik och ekonomiska effekter än den analys som görs för Stockholm.

En översikt av detta slag ger ändå stor inblick i potentialen av att planera för en etappvis utbyggnad av ett Mälardalsnät och i slutändan en sammankoppling av hela Mälardalen med ett snabbt, miljövänligt och resurssnålt transportsystem. Figur 3.3 visar hur ett fullt utbyggt höghastighetsnät i Mälardalen skulle kunna vara utformat.



Figur 3.3. Spårbilsnätet i Mälardalsregionen. Ur Översiktskartan ©Lantmäteriverket, Gävle 2008. Medgiv-2008-16901. Bild: SIKA

När höghastighetsnätet är fullt utbyggt är det rimligt att anta att lokalbanor är utbyggda i KOMPASS-kommunerna Stockholm, Södertälje, Uppsala, Arlanda, Västerås och Eskilstuna. Höghastighetsnätet är därför tänkt att ha 11 stationer/växlingspunkter med möjlig anslutning till regionala och lokala bannät i dessa orter. Stationer kan också finnas vid t.ex. Bålsta, Enköping och Strängnäs. Höghastighetsnätet är tänkt att ligga i anslutning till befintlig väginfrastruktur för att förenkla byggandet och minska

intrångseffekterna, men beroende på utrymme kan spårbilsbanan delvis förläggas 4-5 m ovan mark.

Mellan Fittja och Barkarby respektive Häggvik kan höghastighetsnätet gå parallellt med det regionala Stockholmsnätet, antingen bredvid eller ovanför (jfr figur 3.2. ovan). Tabell 3.1 visar distanserna mellan de olika orterna runt Mälaren som skulle komma att gälla för det här skisserade spårbilsnätet.

Tabell 3.1. Distanstabell för väg och spårbil i Mälardalen.

Källa: Egna beräkningar utifrån Eniros karttjänst Vägbeskrivning. Spårbilsdistans inom parentes vid olika distans.

Distans Spårbil (km) Kortaste sträckan	STO	ARN	UPP	ENK	VÅS	ESK	STR	SÖD
Stockholm (STO)		41	70	75	108	112	83	36
Arlanda (ARN)*			36	77 (65)	110 (97)	150 (127)	121 (100)	76
Uppsala (UPP)				45	79	111	83	103
Enköping (ENK)					32	65	37	88
Västerås (VÅS)						27	59	109
Eskilstuna (ESK)							33	79
Strängnäs (STR)								51
Södertälje (SÖD)								

*Spårbilsbana Arlanda-Bålsta = cirka 35 km (se karta).

Tabell 3.2. Inbesparad restid för spårbil (medelfart 200km/h) jämfört med personbil.

Källa: Egna beräkningar utifrån Eniros karttjänst Vägbeskrivning

Restidsbesparing (min) Spårbil (200km/h) - Bil	STO	ARN	UPP	ENK	VÅS	ESK	STR	SÖD
Stockholm (STO)		12	18	22	32	27	22	25
Arlanda (ARN)			11	25	35	40	34	17
Uppsala (UPP)				27	37	52	45	24
Enköping (ENK)					13	28	22	32
Västerås (VÅS)						28	28	39
Eskilstuna (ESK)							11	19
Strängnäs (STR)								15
Södertälje (SÖD)								

Tabell 3.2 visar den inbesparade restiden som blir resultatet av en spårbilsresa jämfört med personbilsresa på de olika länkarna i Mälardalsnätet.⁸⁵ Tabellen visar att för exempelvis sträckan Stockholm – Västerås innebär spårbilsbana med en medelhastighet på 200 km/h att besparad restid kan bli 32 minuter jämfört med personbil. Resenärer som vill stanna på mellanliggande stationer ges möjlighet till det utan att andra resenärer påverkas.

Utbyggnadsskissen har inriktats på att öka tillgängligheten i hela Mälardals- och Stockholmsregionen och även i perifera relationer där den kollektiva spårtrafiken är dåligt utbyggd. Utbyggnaden kan innebära ett kraftigt minskat behov av traditionellt bilägande och bilåkande samt övergång från fossila drivmedel till

⁸⁵ Restiderna för bil gäller mellan ortcentrum och har tagits från www.eniro.se

eldrift på dels linjärmotorbana och dels i eldrivna vagnar med s.k. dual-mode, d.v.s. spårbilar som också har möjlighet att färdas på vanlig väg. Några konceptfordon för dual-mode finns redan utvecklade.⁸⁶ Däckföretaget Michelin har tagit fram en konceptbil med hjulmotorer.⁸⁷ J E Andersson har gjort en jämförelse mellan spårbilar och dual-mode-fordon.⁸⁸ Andra lösningar har också föreslagits.⁸⁹

3.4 Diskussion om nätverkseffekter

Jämfört med andra transportslag visar fallstudien att spårbilsnätet har mindre grad av negativa effekter som buller, utsläpp och olycksrisk mm än om motsvarande utbyggnad skulle ske med traditionella trafikslag.

Liksom andra transportslag som bygger på standardiserad teknik och nätstruktur finns det inneboende positiva nätverkseffekter av att bygga ut spårbilsnätet. Dels finns lokala nätverkseffekter som uppstår av den lokala utbredningen av de nät som kan tänkas uppstå i Stockholm, Uppsala, Västerås, Eskilstuna och Södertälje. Utbredningen av nätet påverkar i sin tur tillgängligheten för människor och därmed hur stort resandet blir. Samtidigt påverkar utbredningen av nätet de kostnader som är förknippade med byggande, drift och underhåll.

Nyttan av de lokala näten på de nämnda orterna ökar med antalet möjliga reserelationer när man kopplar ihop de lokala näten till ett gemensamt interregionalt nät i Mälardalen. Då uppstår nätverkseffekter i större skala, på grund av att antalet resenärer som kan ha nytta av nätet ökar kraftigt. För att kunna uppskatta storleken av dessa positiva nätverkseffekter skulle en detaljerad nätverksanalys behöva genomföras där såväl de olika lokala spårbilsnäten som det interregionala spårbilsnätet fanns geokodade. Denna typ av analys har dock legat utanför ramen för denna studie.

Nätverkseffekter av detta slag är naturligtvis inte specifika för spårbilssystem, utan gäller generellt för olika typer av nätverk. Dessa nätverkseffekter är så kallade positiva externa effekter, vilket betyder att nätets anpassningar till alla andras resande får långsiktiga positiva effekter för det egna resandet. Det kan jämföras med nyttan av en telefon. Så länge ingen annan äger en telefon finns ingen nytta med telefonen, men ju fler som har telefon, desto högre är nyttan av den egna telefonen.

Fler användare av ett system betyder att det också uppstår lärandeffekter (learning effects) som leder till utveckling av nya tekniska och organisatoriska lösningar. För att dessa nyttor av storskaligheten skall uppstå är det viktigt att systemet innehåller vissa standardiserade element som underlättar byggande, reservdelar, inlärning, mm.

Standardiserad teknik medför att det uppstår ekonomiska skalfördelar som innebär att produktionskostnaderna för att bygga ut systemet sjunker med ökad

⁸⁶ För en översikt se <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/dualmode.htm>

⁸⁷ DN 30 nov 2007

⁸⁸ http://www.advancedtransit.org/pub/2008/anderson_dm.pdf

⁸⁹ <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/its.htm>

produktion. Produktionen kan förenklas och därmed automatiseras och robotiseras.

Detta betyder att ju större spårbilsnätet blir, desto större användning kommer människor att få av det, vilket ökar nyttosidan. Samtidigt minskar marginalkostnaderna på produktionssidan tack vare skalfördelarna. Detta tillsammans leder alltså till dubbla positiva effekter på lönsamheten av att bygga stort.

Det gör att de kostnader som tidigare har uppskattats på basis av lokala, småskaliga nät med stor sannolikhet är högre än de långsiktiga kostnaderna, samtidigt som nyttorna av systemet förmodligen är underskattade. Den långsiktiga lönsamheten borde därför vara större än den kortsiktiga.

Trots detta kan det finnas anledning att bygga ut systemet i etapper. Etappvis utbyggnad ger utrymme för människor att bekanta sig med systemet och den övriga samhälls- och infrastrukturplaneringen kan anpassas till närvaron av spårbilssystemet.

Det finns alltså anledning att tänka långsiktigt inför en satsning på spårbilar. Dels uppstår en minskning av de negativa effekterna från bilar och bussar, och den minskade olycksrisken och energi- och resursförbrukningen. Dessutom uppstår de positiva externa effekter som ett utbyggt nätverk innebär dels för användarna, dels för producenterna och leverantörerna av systemet. Då har vi inte tagit hänsyn till de effekter i övriga delar av industrin som denna utbyggnad skulle innebära. Lärandeffekterna från produktion och utveckling av spårbilssystem har förmodligen positiva effekter även för övrig teknikutveckling och skulle kunna leda till innovativa avknoppningar som positiva bieffekter. Förändringarna kan också innebära att en minskande produktion av personbilar ersätts av en ökande produktion av spårbilar istället.

4 Utvärdering av spårbilssystemen

I detta kapitel utvärderas de tre scenarier som ingår i studien. Fokus ligger dock på spårbilssystemen i scenario 2 och 3. Dels görs en utvärdering av samhälls-ekonomisk effektivitet och möjligheterna till finansiering, dels görs en utvärdering gentemot övriga transportpolitiska mål; tillgänglighet, transportkvalitet, säkerhet, miljö, regional utveckling, jämställdhet och fördelning.

4.1 Samhällsekonomisk analys av Scenario 1 och 2

Intäktssidan

I prognosverktyget Sampers finns parametrar som specificerar intäktssidan för de kollektivtrafikfärdssätt som är inkodade i modellverktyget, inklusive biljettintäkter. Biljettintäkterna från spårbilssystemet i Scenario 2 finns emellertid inte inkodat på ett sätt som möjliggör en automatisk beräkning av intäkterna. Denna beräkning har istället gjorts manuellt i efterhand av Peter Roming, Railize, som också har hjälpt till vid genomförandet av trafikprognosen.

Biljettintäkter av spårbilssystemet beräknas utifrån kollektivtrafikens genomsnittliga taxa per personkilometer, med hänsyn till att taxan kan inkludera såväl SL-taxa som SJ-taxa. Medeltaxan per personkm multipliceras med antalet prognostiserade personkm för spårbilssystemet under ett årsmedeldygn år 2020. Intäkterna beräknas uppgå till 4,1 miljoner kr per dygn vilket ger ett nuvärde på 24 145 miljoner kr per år.

Kostnadssidan

I modellkörningen måste kostnader för investering samt underhåll av infrastrukturen specificeras för att beräkna lönsamheten hos investeringen.

Investeringskostnader

I scenario 1 har vi uppskattat investeringskostnaden för pendeltågsträckningen till 17100 miljoner kr.⁹⁰ Med tillägg för oförutsedda utgifter på cirka 1 miljard (5,3procent) avrundar vi detta uppåt till 18 miljarder kr.

I scenario 2 har vi antagit att byggkostnaden för den cirka 160 km långa dubbelriktade spårbilssystembanan inklusive stationer och fordon är i genomsnitt 100 miljoner kr/km för den del av sträckningen som går på eller ovan mark (115 km resp. 30

⁹⁰ Baserat på Banverkets förstudie 2002:08. Belopp uppräknat med 4procent per år samt generell uppräkningsfaktor med 10procent i redovisat investeringsbelopp. Maskotmedia 2008. Underlagsmaterial för Nordsydbanan.

km) och i genomsnitt 150 miljoner kr/km för den del av sträckningen som går i tunnel för att minimera intrånget (ca 15 km). Denna byggkostnad per kilometer ligger i övre delen av ett intervall av kostnadsuppgifter från ett antal spårbilsföretag.⁹¹ Då blir investeringskostnaden för spårbilsnätet 16750 miljoner kr.⁹² Dessutom räknar vi med ett påslag för oförutsedda utgifter på cirka 3 miljarder kr (19,4 procent), d.v.s. totalt 20 miljarder kr.

Eftersom Scenario 2 inkluderar pendeltågssträckningen blir de sammanlagda kostnaderna för detta scenario 18 + 20 = 38 miljarder. I den samhällsekonomiska analysen gör vi en känslighetsanalys där vi prövar utfallet av ett lågkostnadsalternativ (34 miljarder kr) respektive ett högkostnadsalternativ (42 miljarder kr). Tabell 4.1 redovisar resultatet av denna känslighetsanalys.

Underhållskostnader för spårinfrastrukturen

För båda scenarierna har vi utgått från Banverkets årliga redovisning av drift- och underhållskostnader.⁹³ Banverkets kostnader för drift, underhåll och reinvestering i spårinfrastruktur kostade åren 2005-2007 i genomsnitt 4890 milj. kr. Totalt finns cirka 12000 km räls i Sverige, vilket ger 0,41 milj. kr/km utslaget för Sverige.⁹⁴ I en studie från KTH har Banverkets data för åren 1999-2002 använts.⁹⁵ Värdena som redovisas i studien är inte helt jämförbara med Banverkets redovisningar, men uppskattar kostnaderna för drift och underhåll till i genomsnitt 0,23 milj. kr/km i 2002 års priser. För vår pendeltågssträckning på 20 km motsvarar det 4,9 milj. kr/år i 2007 års priser. Utgår vi från ovanstående driftkostnad på 0,41 milj. kr/km baserat på Banverkets årsredovisning motsvarar det 8 milj. kr/år. Vi antar därför att underhållskostnaden i Scenario 1 är 8 milj. kr/år.

Det mesta av pendeltågsträckningen i Scenario 1 är förlagd i tunnel, medan Banverkets kostnader baseras på den svenska järnvägsrälsen som till allra största delen är förlagd i marknivå och därför är utsatt för väder och vind. Kostnaderna för drift och underhåll är till stor del beroende på vinterförhållandena. Tunnelspår är inte utsatta för väder och vind i samma utsträckning och ger därför inte upphov till kostnader för snöröjning, isbildning, fallande träd, grenar och löv etc., men ger istället upphov till andra kostnader för belysning, ventilation mm.⁹⁶ Vi bedömer ändå att underhållskostnaderna för tunnelspår är lägre än ytspår, vilket isåfall innebär att 8 miljoner kr per år är högt räknade kostnader för underhåll av tunnelspår.⁹⁷

För spårbilsnätet i Scenario 2 antar vi en något lägre km-kostnad (0,25 milj. kr/km) för drift- och underhåll på grund av att inte spårbilsbanan eller spårbilarna

91 IST (2008a), WSP (2008a). Detta kan jämföras med kostnaden för höghastighetsjärnväg Stockholm-Malmö som Banverket uppskattar till cirka 115 MKr/km (Banverket 2008b). Utredningen Nya Tåg i Sverige uppskattar kostnaderna för de nya sträckningarna för höghastighetståg till 160 Mkr/km i genomsnitt (Banverket 2008b, sid 41). Se även RTK (2001)

92 Beräknat som $145\text{km} \cdot 100\text{Mkr} + 15\text{km} \cdot 150\text{Mkr} = 16750\text{ Mkr}$

93 Banverket (2007), s 37

94 Banverkets statistik: <http://www.banverket.se/sv/Amnen/Jarnvagen/Undersida-1-Jarnvagen/Statistik/Bandata.aspx>

95 Andersson (2007)

96 I sin analys av Citybanan hävdar Transek att det kostar mer att bedriva spårunderhåll i en tunnel än att göra det på markytan, och tillskriver tunnelalternativet 30 miljoner högre kostnader än ytspåralternativet. Transek (2006).

97 SL har i kommunikation med SIKa bedömt att underhållskostnad för tunnelspår kan ligga cirka 25 procent lägre än för ytspår.

innehåller några rörliga delar, och på grund av att spårbilar kan antas ha lägre vikt och axeltryck än vanliga tåg.⁹⁸ Den uppskattade drift- och underhållskostnaden för spårbilsnätet blir då cirka 40 miljoner kr per år.

I modellen har vi specificerat följande alternativ för känslighetsanalysen:

Scenario 1 (pendeltåg):

Låg : Investering = 16 miljarder kr, drift o underhåll = 5 milj. kr/år

Medel: Investering = 18 miljarder kr, drift o underhåll = 8 milj. kr/år

Hög : Investering = 20 miljarder kr, drift o underhåll = 10 milj. kr/år

Scenario 2 (pendeltåg + spårbilsnät):

Låg : Investering = 16+18 miljarder kr, drift o underhåll = 5+30 milj. kr/år

Medel: Investering = 18+20 miljarder kr, drift o underhåll = 8+40 milj. kr/år

Hög : Investering = 20+22 miljarder kr, drift o underhåll = 10+50 milj. kr/år

Kostnaderna för drift och underhåll är inkluderade under punkt 5 ”Trafikoberoende drift och underhåll för järnväg” i tabell 4.1 nedan. Investeringskostnaderna står med under punkt 7.

Fordonskostnader spårbil

Till dessa kostnader måste vi också lägga kostnader för fordonsdrift som inkluderar personal för administration, drift och underhåll av vagnar och styrsystem, städning, reservdelar och elförbrukning. För ett lokalt system bedömer WSP denna kostnad till motsvarande 1,65 miljoner kr/km vilket i vårt fall innebär 264 miljoner kr per år. Diskonterat på 40 år till 4procent ränta ger ett nuvärde på 5227 miljoner kr.

Inkluderar vi ovanstående biljettintäkter och fordonskostnader i kalkylen kan vi ställa upp ett högkostnads- och ett lågkostnadsalternativ som ger ett intervall för kostnaderna. Tabell 4.1 visar resultatet från modellkörningen (negativa tal är kostnader, positiva tal är intäkter).

Som framgår av tabell 4.1 har Scenario 2 en positiv nettonuvärdeskvot (NNK) till skillnad från pendeltågssträckningen i Scenario 1, d.v.s. spårbilsystemet ger så höga samhällsekonomiska intäkter att det kompenserar för de förluster som pendeltågssträckningen innebär. Det betyder att lönsamheten för själva spårbilsystemet är högre än vad som framgår av NNK för Scenario 2. Dessutom har vi medvetet antagit relativt höga kostnader. Kostnadsuppskattningar från andra studier finns i Bilaga 2.

⁹⁸ Pendeltåg typ X60 är 107m, har 14 axlar och väger med passagerare cirka 2300kg/m jämfört med spårbil som väger med passagerare cirka 550kg/m

Tabell 4.1. Sammanställning av ekonomiska effekter av Nationell och regional trafik för Scenario1 och Scenario2. Källa: utdrag ur Sampers/Samkalk.

	SC1 PENDELTÅG		SC2 PENDELTÅG+ SPÅRBILSYSTEM	
	Hög kost (miljoner kr)	Låg kost (miljoner kr)	Hög kost (miljoner kr)	Låg kost (miljoner kr)
1) Producentöverskott	-173,33	-173,33	-7385,68	-7385,68
Biljettintäkter (exkl spårbilsint.)	2684,87	2684,87	-18093,29	-18093,29
Fordonskostn koll (exkl spårbil)	-2585,77	-2585,77	9641,19	9641,19
Moms på biljettintäkter	-151,97	-151,97	1024,15	1024,15
Banavgifter	-120,46	-120,46	42,27	42,27
2) Budgeteffekter (inkl. skf 2)	22596,24	22596,24	23216,55	23216,55
Drivmedelsskatt för vägtrafik	-1940,40	-1940,40	-2614,79	-2614,79
Vägavgifter/vägskatt*****	23831,74	23831,74	23553,71	23553,71
Moms på biljettintäkter	151,97	151,97	-1024,15	-1024,15
Banavgifter	120,46	120,46	-42,27	-42,27
Fordonskostnader**	432,47	432,47	3344,05	3344,05
3) Konsumentöverskott	-12706,19	-12706,19	2922,79	2922,79
Reskostnader	159,91	159,91	93,07	93,07
Restider*****	11791,48	11791,48	27206,02	27206,02
Vägavgifter/vägskatt*****	-24667,30	-24667,30	-24387,09	-24387,09
Godskostnader	9,72	9,72	10,79	10,79
4) Externa effekter	3525,05	3525,05	4895,96	4895,96
Luftföroreningar o klimatgaser	1066,93	1066,93	1517,43	1517,43
Trafikolyckor***	2544,12	2544,12	3337,01	3337,01
Marginellt slitage kollektivtrafik	-86,00	-86,00	41,52	41,52
5) DoU och reinvesteringar****	-128,54	-47,65	-922,81	-518,32
DoU vägtrafik	33,25	33,25	47,95	47,95
Trafikoberoende DoU järnväg	-161,79	-80,90	-970,76	-566,27
Reinvesteringar järnväg				
SUMMA	13113,23	13194,12	22726,81	23131,30
6) Spårbilsintäkter	0	0	24145,00	24145,00
Fordonskostnad spårbil			-5 227	-5 227
SUMMA	13113,23	13194,12	41644,81	42049,3
7) Investeringskostnader				
Diskonterat inkl. Skf 1 & 2	20413,50	16 330,80	42868,36	34 702,95
Rak summering	20000,00	16 000,00	42000,00	34 000,00
Lönsamhetskriterium*				
Nettonuvärde	-7300	-3137	-1224	7346
$NV=(1+2+3+4+5+6-7)$				
Nettonuvärdeskvot	-0,36	-0,19	-0,03	0,21
$NNK=(1+2+3+4+5+6-7)/7$				
Nuvärdeskvot	0,64	0,81	0,97	1,21
$NK=(1+2+3+4+5+6)/7$				

*Lönsamhet innebär $NV > 0$, $NNK > 0$ och $NK > 1$. **Ej multiplicerat med skattefaktor 2, ***Inkluderar intern olyckskostnad, ej plankorsningsolyckor, ****Inkluderar skattefaktor 1 och 2. DoU för flyg ingår i fordonskostnaderna. Det som benämns 'DoU vägtrafik' inkluderar både trafikberoende och trafikoberoende DoU. ***** För näringslivets transporter är trängselskatten avdragsgill och dessa båda poster bedöms därför ta ut varandra. En del av näringslivets transporter sker också med personbil, men här saknas underlag för att avgöra hur mycket som är avdragsgillt varför alla inbetalda vägavgifter här räknas som icke avdragsgilla. ***** Sampersprognosen beräknar ej restidsvinster för lastbilar med och utan släp, varför dessa data saknas.

4.2 Samhällsekonomisk analys av Mälardalen

Detta avsnitt ger en översiktlig beskrivning av hur den samhällsekonomiska analysen är uppbyggd för Mälardalsnätet. Beräkningsförutsättningar och kalkylantaganden beskrivs mer utförligt i Bilaga 2.

Intäktsidan

Modellkörningen för Stockholmsnätet gav som resultat att till år 2020 kan vi förvänta oss att cirka 10 procent av resorna sker med spårbil.⁹⁹ Till år 2040 antar vi att 50 procent av bil- och kollektivresorna sker med spårbil. Som beskrevs i avsnitt 3.1 uppskattar vi antalet resor med bil och kollektivtrafik i Mälardalen år 2040 till cirka tio miljoner resor. Om hälften av dessa resor sker med spårbil innebär det cirka fem miljoner spårbilsresor i Mälardalen år 2040. Om genomsnittstaxan för en spårbilsresa är 100 kr (i dagens penningvärde) blir de sammanlagda intäkterna från restaxa 500 miljoner kr.

Förutom intäkter från restaxa uppkommer samhällsekonomiska effekter på grund av restidsvinster, minskade utsläpp, färre olyckor mm. Tabell 4.3 visar värdet av de effekter som blir följden av det ökade spårbilsresandet. Vi antar att de genomsnittliga utsläppen av koldioxid har minskat till 100 g CO₂/km år 2040.¹⁰⁰ För utsläpp av kväveoxider antar vi att de genomsnittliga utsläppen av NO_x har ökat från dagens 0,4 till 0,5 g NO_x/km på grund av att andelen dieselmotorer ökar.¹⁰¹

Om vi utgår från dagens resandeströmmar blir samhällsintäkterna knappt sju miljarder kr om alla dagens resor med bil och kollektivtrafik i Mälardalen istället skulle ske med spårbil (tabell 4.2). Vi antar enbart privatresor, och med hälften korta och hälften långa resor får vi ett genomsnittligt tidsvärde på 75kr. Med trafikverkens prognos för trafikillväxten (avsnitt 3.1) uppskattar vi en ökning av trafiken till år 2040 på cirka 54 procent.¹⁰² Det innebär grovt sett att restidsvinsterna ökar lika mycket om vi håller alla andra värden konstanta. Med 50procent överflyttning (fem miljoner resor) blir samhällsintäkterna 4.76 miljarder kronor (tabell 4.2). Dessa samhällsintäkter ska adderas till intäkterna från restaxan. De sammanlagda samhällsekonomiska intäkterna år 2040 blir då 4.76 mdr + 0.5 mdr = 5.26 miljarder kr/år.

Tabell 4.2. Effekter av överflyttning till spårbil idag respektive år 2040 (milj. kr).

Överflyttningsandel	Idag		År 2040		
	100%	100%	50%	25%	10%
Restidsvinster bil och buss ^a	3 612	5 580	2 790	1 395	558
Restidsvinster tåg ^a	1 160	1 792	896	448	179
Minskade CO ₂ -utsläpp ^b	1 043	1 043	521	261	104
Färre dödsolyckor ^c	842	842	421	210	84
Minskade NO _x -utsläpp ^d	261	261	131	65	26
Samhällsintäkter (Mkr)	6 918	9 518	4 759	2 379	951

a) Tidsvärde 75kr/tim b) Genomsnittliga utsläpp 100g/1km c) 5,5 döda/miljard 1km d) Genomsnittliga utsläpp 0,5g/1km

⁹⁹ Resultaten visar att 32procent av koltrafiken görs med spårbil. Koltrafiken utgör i sin tur cirka 32 procent av totala resor; $0,32 * 0,32 = 0,10$

¹⁰⁰ Det innebär att värdet av minskade utsläpp av koldioxid *idag* är underskattat i tabell 4.2.

¹⁰¹ Det innebär att värdet av minskade utsläpp av kväveoxider *idag* är överskattat i tabell 4.2.

¹⁰² $1,017^{14} * 1,01^{20} = 1,545$

Kostnadssidan

Vi antar att när Mälardalsbanan byggs finns det lokala spårbilsystem redan uppbyggda i några kommuner, t.ex. Stockholm, Södertälje, Eskilstuna, Västerås, Uppsala. Det skulle innebära att erfarenhet och produktionskapacitet finns för byggande av spårbilsystem, och att det är rimligt att anta en lägre byggkostnad än de 100 miljoner kr/km vi antar för spårbilsnätet i Stockholm, trots att en höghastighetsbana behöver vara kraftigare än en lokalbana. För Mälardalsbanan antar vi således en genomsnittlig byggkostnad på cirka 75 miljoner kr/km. Det sammanlagda nätet är cirka 470 km långt vilket innebär en bankostnad på cirka 24 miljarder kr (tabell 4.3).

Tabell 4.3. Fasta kostnader för dubbelspårig höghastighetsbana (>200 km/tim) som binder samman hela Mälardalen.

108 km	Västerås-Enköping-Stockholm C	
80 km	Eskilstuna-Strängnäs-Södertälje	
45 km	Uppsala Syd-Enköping	
60 km	Uppsala Syd-Stockholm C	
27 km	Västerås-Eskilstuna (exkl. högbro)	
36 km	Stockholm C - Södertälje	
44 km	Stockholm (Fittja – Barkarby – Häggvik)	
35 km	Enköping – Strängnäs	
35 km	Arlanda – Bålsta	
SUMMA bankostnad 470 km á 75 miljoner per km		= 35,2 miljarder kr
Annuitet*		= 1,78 mdr kr / år
1 Högbro Eskilstuna-Västerås		= 2 mdr kr
11 terminaler á 200 Mkr		= 2,2 mdr kr
8 depåer (8*600 fordon) á 225 Mkr		= 1,8 mdr kr
10 mindre stationer á 150 Mkr		= 1,5 mdr kr
SUMMA övriga fasta kostnader:		= 7,5 mdr kr
Annuitet*		= 0,38 mdr kr / år

*Diskonteringsfaktor 19,793 (40 år, 4procent)

Tabell 4.4. Rörliga kostnader för höghastighetsbanan

Årliga rörliga kostnader:		
Servicepersonal på stationer 20st*0,5 Mkr = 10 miljoner kr		= 0,01 mdr kr
Drift & underhåll 2Mkr/km * 470 km= 940 miljoner		= 0,94 mdr kr
Systemkostnader (övervakning, kontroll, biljettautomat, mm)		= 0,2 mdr kr
SUMMA rörliga kostnader		= 1,15 mdr kr

Tabell 4.5 Samhällsekonomiska intäkter vid olika resande och taxa

Intäkter (miljarder kr/år)	5 miljoner resande/år	3,75 miljoner resande/år	2,5 miljoner resande/år
100 kr/resa	5,26 mdr	3,94 mdr	2,63 mdr
150 kr/resa	5,51 mdr	4,13 mdr	2,75 mdr

Tabell 4.6 Totala kostnader för 470 km bana vid olika bankostnader

Bana 470 km	50 miljoner kr/km	75 miljoner kr/km	100 miljoner kr/km
Bana fasta (annuitet)	1,19 mdr	1,78 mdr	2,37 mdr
Övriga fasta (annuitet)	0,38 mdr	0,38 mdr	0,38 mdr
Rörliga	1,15 mdr	1,15 mdr	1,15 mdr
Totalt	2,72 mdr	3,31 mdr	3,90 mdr

Med våra standardantaganden om 75 miljoner kr/km, 5 miljoner resande och 100kr /resa blir lönsamheten positiv: $NNK=(5,26 - 3,31)/3,31 = 0,59$.

Vid en bankostnad på 100 miljoner kr/km, 5 miljoner resande och 100 kr/resa blir lönsamheten ändå positiv: $NNK=(5,26-3,90)/3,90 = 0,35$

Break-even: Vid en bankostnad på 100 miljoner kr/km krävs cirka 3,75 miljoner resande och en genomsnittlig taxa på 100kr för att ge samhällsekonomisk lönsamhet: $NNK=(3,94-3,90)/3,90=0,01$

Break-even: Om resandet blir endast runt 2,5 miljoner spårbilsresor per år och 50 miljoner kr/km, behöver biljettpriset stiga till i genomsnitt cirka 150 kr per resa för att ge samhällsekonomisk lönsamhet: $NNK= (2,75-2,72)/2,72 =0,01$

Tabell 4.5 visar att de samhällsekonomiska intäkterna påverkas mycket av antalet resande, medan biljettpriset inte har lika stora samhällsekonomiska effekter.

I våra beräkningar och antaganden om kostnader har vi legat relativt högt av försiktighetsskäl. Ovanstående byggkostnader för bana kan jämföras med de kostnader som Banverket antar för höghastighetsbanor i Sverige: cirka 150 Mkr / km. SJ mfl antar en kostnad på mellan 146-207 Mkr/km (160 Mkr i genomsnitt). Med en kostnad på 150 miljoner kr /km blir byggkostnaden av 470 km bana 3,56 miljarder kr / år räknat som annuitet. Med övriga kostnader blir annuiteten 5,09 miljarder kr / år, och $NNK=(5,26-5,09)/5,09 = 0,03$. Dvs, med 5 miljoner resande och 100 kr/resa i genomsnitt blir ett spårbilsnät i Mälardalen lönsamt även om vi räknar med samma byggkostnader som för höghastighetsjärnväg och snabbtåg.

5 Slutsatser

5.1 Slutsatser från fallstudien om Stockholm

Såväl pendeltågsträckningen Häggvik-Brommaplan-Älvsjö som den mer omfattande spårbilsringen leder till mer kollektivresande och minskad biltrafik i Stockholms län som helhet och mellan norr och söder över Saltsjö/Mälarsnittet. Pendeltågsträckningen innebär också ökad kapacitet för fjärrtågstrafiken, dels till Stockholms centrala delar och dels genom Stockholms län, t.ex. från Uppsala-Kista eller Uppsala-Flemingsberg. Denna ökade kapacitet leder i sin tur till ett ökat antal kollektivresor.

Kombinationen av pendeltåg och spårbilsnät i scenario 2 leder till större effekter än enbart pendeltåget i scenario 1. Det är dock svårt att uppskatta den exakta nettoeffekten av spårbilsnätet pga. den kombinerade analysen. Dock indikerar resultaten att det förutom minskningen av mängden bilresor också sker en viss överflyttning från gång och cykel till spårbilar. Detta är en konsekvens av spårbilsnätets utformning när det gäller täckning och stationstäthet, i kombination med snabbheten och taxan (som motsvarar övrig kollektivtrafik).

Spårbilsystemets högre genomsnittshastighet jämfört med övrig kollektivtrafik stimulerar resandet och leder till stora restidvinster. Det framgår tydligt av den stora skillnaden i lönsamhet mellan scenario 1 och scenario 2. Pendeltågsträckningen lider av konkurrensen från Citybanan. Pendeltåget ger samhällsekonomiska effekter som har ett nuvärde på cirka 12 miljarder, men det räcker inte för att täcka de investeringskostnader som vi antagit. Scenario 2 visar däremot kraftig lönsamhet, med ungefär 3 gånger så höga restidvinster.

Jämfört med andra kostnadsuppskattningar för spårbilssystem ligger våra uppskattningar relativt högt. Vi har medvetet räknat högt och dessutom gjort påslag för oförutsedda kostnadsökningar. Investeringskostnaderna för spårbilssystemet kan därför mycket väl bli lägre än vad våra siffror visar. Trots våra höga kostnader ger spårbilssystemet samhällsekonomiska effekter på cirka 49 miljarder kr vilket inkluderar intäkterna från restaxan. På grund av den stora attraktiviteten i spårbilssystemet (att döma av restidvinsterna) kan förmodligen taxan höjas. En högre taxa än annan lokal kollektivtrafik skulle förmodligen ge tillbaka gång och cykelresor. Resmönstret skulle ändras något, men spårbilssystemet skulle förmodligen fortfarande vara samhällsekonomiskt lönsamt. Vi har dock inte analyserat vilka taxor som skulle krävas för att ge företagsekonomisk lönsamhet.

Spårbilssystemet förefaller vara ett utrymmeseffektivt system med möjligheter att klara höga kapacitetskrav. Ett mer utrymmeseffektivt resande frigör värdefull mark i storstadsbebyggelsen och minskar behovet av parkeringsplatser. Spårbil-

system och kollektivtrafik medger en tätare bebyggelse och minskad utglesning av staden.

I kombination med styrmedel kan spårbilsystem stimulera minskat bilresande och ökat kollektivresande i Storstockholm. Färre bilresor till förmån för spårbilar eller kollektivtrafik minskar buller, olycksrisk, hälsofarliga luftföroreningar och koldioxidutsläpp.

Att döma av analysen har spårbilsystemet större attraktionskraft hos resenärerna än kollektivtrafik och innebär därför större möjligheter till överflyttning och samhällsekonomisk lönsamhet. Automatiska fordon som spårbilar minskar också personalkostnaderna och därmed behovet av offentlig subventionering av transportsystemet.

Ökad tillgänglighet för regionens invånare och näringsliv minskar trängseln både i vägtrafiksystemet och i kollektivtrafiken, vilket gynnar näringslivets transporter som inte behöver betala full trängselskatt. Tvärförbindelser som knyter ihop dagens transportsystem stimulerar också den regionala utvecklingen.

5.2 Slutsatser från fallstudien om Mälardalen

Den stora tillväxten i Stockholm-Mälardalenregionen innebär inte minst ett stort befolkningstryck på Stockholm. Genom att förenkla pendling kan Stockholm avlastas och befolkningstrycket spridas jämnare i regionen. Vägverket och Banverket har stora investeringsplaner för regionen i syfte att öka möjligheterna till såväl pendling som genomfartsresor. Vår analys visar att ett spårbilsystem i Mälardalen kan öka möjligheterna till pendling och regionförstoring i Mälardalen till lägre samhällsekonomiska kostnader än väg och järnväg.

På längre avstånd sker ingen överflyttning från gång och cykelresor till spårbilar så som skedde i Stockholmsnätet. Därför kan det interregionala spårbilsystemet locka en relativt större andel av bil- och kollektivresenärer än i det lokala nätet. Det interregionala spårbilsystemet sammanbinder också de lokala spårbilsnät vilka omkring år 2040 kan förväntas finnas i ett antal kommuner som redan idag har studerat möjligheterna att bygga kommunala spårbilsnät (Södertälje, Uppsala, Eskilstuna, Västerås). Utifrån detta antar vi att det har skett en överflyttning av 50procent av resorna från bil och tåg till spårbil. Med det antagandet visar vår analys att ett interregionalt nät kan erbjuda stora restidsvinster för resenärer i Mälardalenregionen, vilket i sin tur bidrar till att systemet blir samhällsekonomiskt lönsamt.

Förutom restidsvinster innebär ett interregionalt spårbilsnät minskade olyckor på vägarna och minskade luftföroreningar. Vår energianalys visar att spårbilar är cirka 5 gånger mer energisnåla än dagens personbilar. Jämfört med elbilar är spårbilar också konkurrenskraftiga tack vare snabbheten och flexibiliteten som möjliggörs av sammanlänknings av lokala och interregionala spårbilsnät.

5.3 Slutsatser om potentialen hos spårbilar

SIKA bedömer att små lokala system i och för sig kan bidra till ökad transportpolitisk måluppfyllelse på det lokala planet, men för att tillvarata den stora potentialen hos spårilsystemet behöver det finnas ett större sammanhållet nät. Detta kräver en storskalig uppbyggnad och stora investeringsutgifter men storskaligheten kan samtidigt innebära kostnadsfördelar. Ett stort sammanhållande nät har också större möjligheter att locka fler resenärer att lämna bilen vilket ger positiva effekter på de transportpolitiska målen.

Ett större sammanhållet nät innebär dock större organisatoriska utmaningar när det gäller finansiering. Studien har medvetet legat högt på kostnadssidan. Trots det har spårilsystemet kunnat visa lönsamhet under rimliga antaganden.

Med ett väl utbyggt nät har spårilsystem lika hög tillgänglighet som personbil. Spårbilar ökar dessutom tillgängligheten för barn, ungdomar, kvinnor, pensionärer och rörelsehindrade, som inte har körkort eller tillgång till personbil i samma utsträckning som andra grupper i samhället.

Det är angeläget att planera för ett långsiktigt hållbart transportsystem som kan klara de kapacitetskrav som en växande befolkning innebär. Spårilsystemet har minst lika stor kapacitet som pendeltåg och har dessutom genom sin högre medelhastighet en större attraktionskraft än pendeltåg. Spårilsystem förtjänar därför möjligheter att kunna utvecklas för att därigenom kunna analyseras parallellt med andra transportlösningar i samband med infrastrukturplanering.

Denna typ av infrastrukturprojekt drabbas ofta av att kostnadssidan underskattas, och att nyttsidan överskattas. SIKA har medvetet räknat med höga kostnader från början för att se effekterna av högre kostnader på lönsamheten. SIKA bedömer också att resandet i vissa delar kan vara underskattat. Bent Flyvbjerg mfl. listar fyra grundläggande principer för att skapa ett fungerande ansvarstagande (accountability) i denna typ av projekt: transparens, tydliga specifikationer, riskidentifiering, involvering av riskkapital (t.ex genom offentlig-privat samverkan).¹⁰³ SIKA bedömer att med utgångspunkt i dessa principer är det möjligt att skapa förutsättningar för att bygga denna typ av transportsystem som spårbilar innebär.

Mycket av spårilstekniken finns tillgänglig idag, vilket innebär att den tekniska utvecklingen kan gå snabbt. Den enda existerande testbanan i Sverige är till stor del byggd med insatser av svenska företag. Ett utbyggt spårilsystem kan innebära en möjlighet för svenska företag att etablera sig inom en ny innovativ och miljövänlig industrigren i internationell samverkan.

¹⁰³ Flyvbjerg, Bruzelius, Rothengatter (2003)

BILAGA 1. Energianalys av spårbilsystemet

År 1994 gjorde VTI en studie¹⁰⁴ av energiförbrukning för framdrivning av spårtaxi jämfört med bil och buss avseende

- byggande av bana resp. väg
- tillverkning av fordon
- framdrivning
- uppvärmning av fordon
- kallstartstillägg för bil
- elöverföring för spårtaxi/spårbil
- vinterdrift

med hjälp av VTI:s VETO-modell som beräknar bränsleförbrukning som funktion av fordon, väg och körsätt. Utifrån förutsättningen att den svenska elen produceras under huvuddelen av året i huvudsak och på marginalen av vattenkraft och kärnkraft, och att det dessutom råder överkapacitet, gjordes studien under den förenklade principen att energin i el och fordonsbränsle kan jämföras 1:1.¹⁰⁵ VTI menar att även på lång sikt med modern elproduktion och förnybara fordonsbränslen är förhållandet 1:1 ett rimligt antagande.

VTI antar att materialåtgången för spårbilsystemet är cirka 200 kg stål och cirka 200 kg betong per meter spårbilsbana. Betongen antas ha en energiförbrukning på 0,8 MJ/kg (=0,22 kWh/kg) och stålprofilerna till banan antas ha krävt 30MJ/kg (=8,33 kWh) stålprofil. Energiåtgången för banan blir då cirka 6 000 MJ/m (=1667 kWh/m). Markarbetena och materialtransporterna antas ha liten energiförbrukning i förhållande till materialframställningen. Spårbilsbana är således mindre energikrävande att bygga än att bygga nya vägar.

Eftersom elmotorernas verkningsgrad är hög och ingen spillvärme kan utnyttjas innebär uppvärmning vintertid en betydande energikostnad för elfordon i allmänhet. Spårbilens relativt låga behov av drivenergi gör detta värmebehov än viktigare. Under perioden 1 nov – 31 mars antas behovet vara 1 600W, övriga delar av året 800W. Under rusningstid och lördagar kl 9-15 antas 100 procent av fordonen uppvärmda, övrig tid 40-60 procent och nattetid 10 procent. Per år antas energibehovet vara cirka 41 000kWh. Varje fordon antas i snitt köra cirka 79 000 km per år med maxhastighet 36 km/h, vilket innebär ett värmebehov per fordonskm på 0,05kWh.

¹⁰⁴ VTI (1994)

¹⁰⁵ I ett system där el i hög grad eller på marginalen produceras av kol fordras 2,4 kWh kol för att producera 1 kWh el. Därför fordras att en eldriven process drar mindre än 40 procent av den direkta energin som ett alternativt koldrivet system använder för att det eldrivna systemet ska vara energieffektivare.

Under dessa antaganden blir energiförbrukningen enligt VTI låg såväl för framdrivning av spårbil, som för byggande av bana och fordonsproduktion. Energiförbrukningen för tom vagn och för vagn med 1,5 passagerare är i stort sett densamma, pga att den högre vikten i vagn med passagerare balanseras vid tomkörning av lägre prioritet i korsningar och därför fler accelerationer och retardationer. Tabell B1.1 nedan visar de uppskattningar av energiförbrukning som VTI gjort. Energiförbrukningen hos en spårbil uppskattas till 0,18 kWh per fordonskilometer.

Tabell B1.1. Energiförbrukning i spårbil, bensinbil och buss. Källa: VTI (1994).

Energi (kWh)	Spårbil		Bensinbil		Buss	
	Fkm	Pkm ^a	Fkm	Pkm ^b	Fkm	Pkm ^c
Framdrivning	0,11*	0,092	0,78	0,52	4,53	0,38
Kallstartstillägg	-	-	0,15	0,10	-	-
Uppvärmning	0,052	0,043	-	-	-	-
Summa	0,16	0,13	0,93	0,62	4,53	0,38
Inkl. verkningsgrad elöverföring i banan	0,18	0,15**				
Inkl. bana***		0,18***				

a) beläggning 1,2 pers/bil, b) beläggning 1,5 pers/bil, c) beläggning 12 pers/buss enl. SLTF:s statistik
* 0,13 med linjärmotor (annars AC-motor asynkron) **0,17 med linjärmotor (-) ***Tillverkningsenergin för banan beräknas till 0,03 kWh/pkm med avskrivningstid på 25 år och 50procent restvärde för stålet (i energitermer).

SIKA har låtit Jan-Erik Nowacki¹⁰⁶ bedöma rimligheten i VTI:s uppskattning av behövlig värmeeffekt till spårbilskabinen. Eberspächer som tillverkar motorvärmare för bilar rekommenderar att kupévärmare på cirka 0,4 kW förbrukning används vid +7°C utomhus och värmare på cirka 1 kW vid -2°C utomhus. Spårbilarna har dock större kabin och öppnar förmodligen dörrarna oftare i lokaltrafik varför Nowacki bedömer VTI:s uppskattning som rimlig.

VTI-studien gör ingen energiberäkning för luftkonditionering sommartid. I en studie från 2008 om elbilars uppvärmning och luftkonditionering behandlades frågan om luftkonditioneringen kan modifieras och användas som värmepump under den kalla årstiden. Om uppvärmningen sker med värmepump blir värmefaktorn cirka 3 vid -2°C och över 5 vid +7°C ute. Det innebär att den förmodade energiåtgången även med hänsyn till viss kylning sommartid borde kunna minskas till hälften d.v.s. 2000 kWh per år.¹⁰⁷

VTI:s uppskattning av energiförbrukningen till 0,18 kWh per fordonskilometer stöds av beräkningar som SIKA låtit Jan-Erik Nowacki utföra. För att verifiera denna uppskattning och samtidigt få viss realism har energiförbrukningen för spårbilssystemen Vectus och Ultra gruppuppskattats som jämförelse. Nedan finns

¹⁰⁶ Jan-Erik Nowacki, KTH och Nowab.

¹⁰⁷ Ricardo Arboix Barreto (2008)

några av de uppgifter som Nowacki har använt i sina beräkningar samt de antaganden som gjorts:

- Luftmotståndet för båda fordonen har satts lika och till 125 N vid en hastighet av 45 km/h. (Fordonen är inte avsedda för hög hastighet $C_v \approx 0,66$);
- Rullmotståndet har satts till mellan 0,6 procent av tyngden för teflonbelagda stålhjul och 1 procent för pneumatiska gummihjul;
- Värme, luftkonditionering, belysning och styrutrustning har antagits förbruka cirka 1,7 kW;
- För en roterande elmotor med varvtalsstyrning har antagits en medelverkningsgrad på 80 procent;
- För en asynkron linjärmotor inklusive frekvensomvandlare har medelverkningsgraden satts till 70 procent - den ökade kraften mot banan från motorn har liten betydelse;
- Att ladda och ladda ur batterier från nätet har antagits ha en cykelverkningsgrad på 65 procent;
- Att ladda batterier i fordonet med hjälp av ett släphjul mot banan har antagits ha en cykelverkningsgrad på 50 procent;
- Avfrostning av en bana där hjulen driver och bromsar kan bli mycket energikrävande. Från detta har bortsetts;
- Om man vill räkna in primärenergien som åtgått för el-genereringen (enligt vissa EU direktiv) skall värdena i figur B1:1 och B1:3 (spårbil) multipliceras med 2,5 ungefär.
- Stationer och serviceverkstäder är inte medtagna. De antas bli energisnålare per personkm än motsvarande strukturer för den trafik de ersätter.

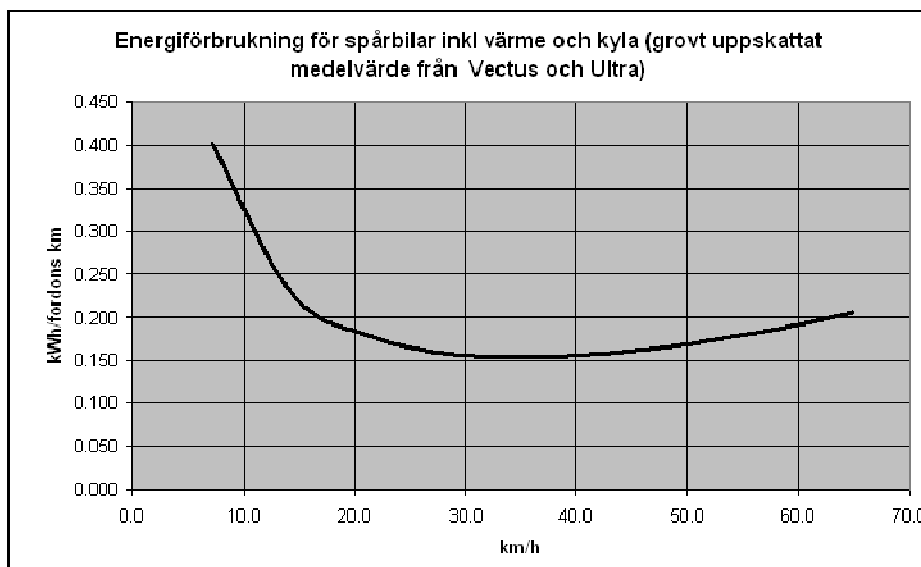


Fig B1.1. Medelvärdet av Vectus och Ultras energiförbrukning per km.

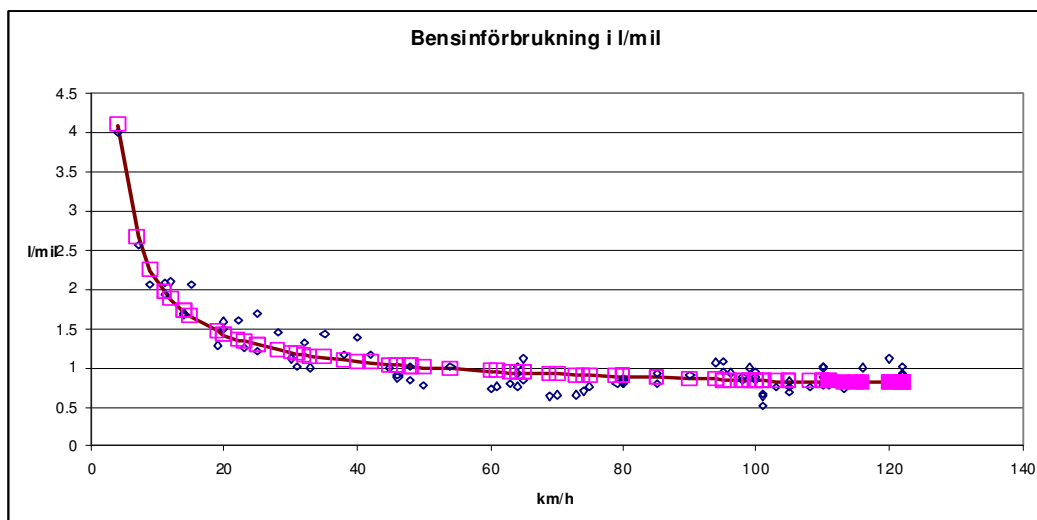


Fig B1.2. Bensinförbrukning hos en SAAB 9-5 vid olika hastighet.

Den heldragna linjen i fig B1.2 anpassar en fast konsumtion/h, ett rullmotstånd som är oberoende av hastigheten och ett luftmotstånd som ökar linjärt med hastigheten (kvadratisk per km). Korrelationskoefficienten är hög (0,95).

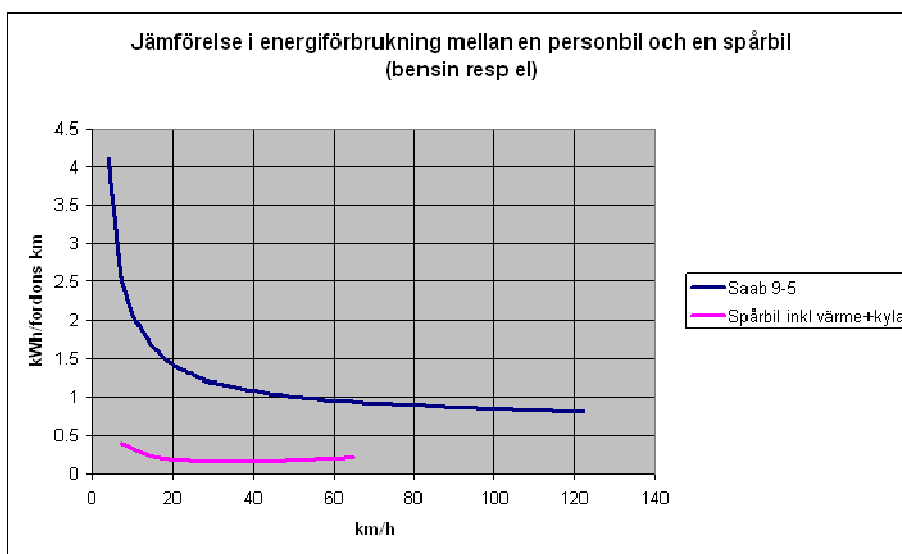


Fig B1.3. Energiförbrukning för spårbil och personbil vid olika hastigheter.

Om bensinens energiinnehåll beräknas till 8,7 kWh/liter kan den anpassade kurvan för bilen jämföras med medelvärdet från spårbilarna Ultra och Vectus. Vid en jämförelse av bilens respektive spårbilens genomsnittliga energiförbrukning framstår spårbilen som cirka fem gånger energisnålare (fig B1.3). Även om elektriciteten till spårbilen skulle ha producerats i bensineldade kondenskraftverk med verkningsgrad 40 procent är spårbilen åtminstone dubbelt så energisnål som dagens personbil.

Liknande beräkningar

J E Andersson (1988) har beräknat trolig energiförbrukning till 0,09 kWh/pkm (jmf med 0,15 kWh/pkm vårt fall). Jämförelsen är vansklig pga. att Anderssons antaganden om material, energislag och trafikintensitet är okända.¹⁰⁸ Alvehag m.fl. (1992) har beräknat energiförbrukning för FlyWay systemet, och kommer ner till 0,2 kWh/km för ett fyrapersoners fordon, vilket med en beläggning på två personer ger 0,1 kWh/km.¹⁰⁹ Alvehag mfl:s siffror avser endast framdrivning. Morgantown People Mover anger energiförbrukning på 0,40 kWh/fkm vid full beläggning (8 sittande och 12 stående), d.v.s. 0,02 kWh/pkm. Den siffran avser troligen också endast framdrivning.

Jämförelse med elbilar

Det finns idag ett naturligt intresse för elfordon och elhybridbilar. Klimatpolitiken och teknikutveckling kan komma att stimulera ett ytterligare ökat intresse för energieffektiva bilar. Jämförelsen mellan spårbilar och bensindrivna bilar leder därför till frågan hur energiförbrukningen skiljer sig mellan spårbilar och elbilar.

Elbilar varierar avsevärt i motoreffekt. En normal elbil har ofta cirka 13kW elmotor, men vissa elbilar har motorer uppåt 180kW för att kunna accelerera kraftigt, t.ex. Tesla Motors och Venturi.¹¹⁰ För hastigheter runt 40 km/h räcker dock en 5kW-motor bra, vilket innebär 0,125 kWh per fordonskm.¹¹¹

Elbilar drar ungefär 0,1-0,2 kWh/km, d.v.s. spårbil och elbil ligger i samma storleksordning när det gäller energiförbrukning. Elbehovet för en laddhybrid beräknas till också till cirka 1500 kWh/år (exempelvis drar laddhybriden Prius+ 0,16 kWh/km). En miljon bilar skulle då ha ett energibehov på cirka 1,5 TWh.¹¹²

Elforsk skriver att elnäten klarar en tillkomst av några miljoner plug-in elhybridbilar utan att påverkas nämnvärt. Skälet sägs vara att elnäten är dimensionerade för kalla vinterdagar då vi konsumerar mycket el.¹¹³ Om det stämmer borde näten även kunna klara de många eldrivna spårbilar som vi räknar med här. Om man inför spårbilar kan dessutom behovet av antalet elbilar minska.

Om man skulle kunna ersätta 100 miljarder fordonskilometer med spårbil istället för bil skulle elförbrukningen öka med 15-20 TWh (drygt 10 procent). Vindkraft kunde t ex alstra hälften av detta behov, och t ex fortsatt ersättning av elvärme med värmepumpar kunde ge en besparing som motsvarar den andra halvan. Totalt skulle bränsleförbrukningen kunna minska med 75 – 100 TWh.

Spårbilar eller elbilar kompletterar den oregelbundna eltillförseln från förnyelsebar energi genom att batterierna innebär en betydande lagringskapacitet. Enligt Elforsk skulle cirka 300 havsbaserade vindkraftverk på 5MW klara

¹⁰⁸ Andersson, J E (1988)

¹⁰⁹ TFK (1992)

¹¹⁰ www.teslamotors.com och www.venturi.fr

¹¹¹ Ingemar Andréasson, personlig kommunikation

¹¹² Kristina Birath, personlig kommunikation

¹¹³ Elforsk memo, www.elforsk.se

eltillförseln till de miljoner elhybridbilar som krävs för att minska oljeberoendet med 40 procent inom personbilstrafiken. Nya förnyelsebara energikällor som vertikala vindkraftverk, vågkraft och solceller är på väg att utvecklas.

Framdrivningsteknik

Man måste skilja mellan drivningen av fordonen och bärningen av fordonen. Alternativet med magnetsvävning och hjuldrift förefaller långsökt. Från andra bärningsalternativ som t ex luftkuddar bortses tills vidare. De båda alternativen till bärning och drivning har sina respektive för och nackdelar.

För roterande hjul kan man idag med synkrona permanentmagnetmotorer få en mycket hög verkningsgrad. De kan varvtalsstyras av standardiserade frekvensomvandlare och även vara direktintegrerade i hjulet (hjulmotorer). Linjärmotorer får en något lägre verkningsgrad i allmänhet. Det beror på att det är svårare att hålla ett litet luftgap mellan en motors rörliga och statiska del vid en linjär rörelse än vid en roterande rörelse.

Tabell B1.3 Olika teknik för spårbilar

<i>Bärning</i>	<i>Drivning</i>	<i>Exempel</i>
Hjul	Hjuldrift	Ultra
Hjul	Linjärmotor	Vectus
Magnet	Linjärmotor	Transrapid

Tabell B1.4. Skillnader mellan hjuldrift och magnetdrift

<i>Hjul</i>	<i>Magnet</i>
+Enkelt och billigt	-Kostsammare
+Enkla motorer	-Kräver dyrare linjärmotor
-Slitbana och lager behöver service	+Ingen kontakt, ingen service
-Ljud från kontaktytan	+Kan göras ljudlös
-Banan får inte bli hal	+Broms och acceleration säkerställd

I en del linjärmotorkoncept kombineras framdrivning och bärning medan andra magnetiska bärningskoncept bygger på att en permanentmagnet repelleras från en bana av omagnetisk metall vid hög hastighet. Tyvärr krävs ganska hög hastighet för att konceptet skall fungera och ge en lägre friktion än t ex hjul.

För dual-mode fordon finns redan idag teknik med hjulmotorer som väger cirka 8 kilo och som har en elmotor på 54 kW drivkraft, t.ex av Michelin Conception Development.¹¹⁴ En intressant jämförande studie av sådana hjulmotorer har gjorts av forskare i Tyskland.¹¹⁵ I USA har J E Andersson gjort en jämförelse mellan spårbilar och dual-mode-fordon.¹¹⁶

¹¹⁴ DN 30 nov 2007

¹¹⁵ Gerling mfl

¹¹⁶ http://www.advancedtransit.org/pub/2008/anderson_dm.pdf

BILAGA 2. Beräkningsförutsättningar

Tidigare studier av kostnader

I detta avsnitt redovisar vi vad andra har kommit fram till i uppskattningar av olika ingående kostnader. Dessa uppskattningar utgör i sin tur underlag för våra antaganden i denna skissartade analys.

Utländska översikter/studier

Organisationen ATRA presenterade år 2003 en översikt av spårbilars status och potential där 14 system utvärderas med avseende på teknik och kostnader.¹¹⁷ Fyra av dessa 14 system hade vid utvärderingen byggt en prototyp: Cybertran, Frog (CyberCab), Taxi 2000 och ULTra. Bland dessa fyra varierade byggkostnaden av balk och bana mellan \$2.6M/mile (Taxi 2000) och \$5.0M/mile (Cybertran), dvs. mellan cirka 9,8MSEK/km och 19MSEK/km. Varje balk som håller uppe banan beräknas uppta cirka 4sqfeet (=ca 0,5 m²) varje 60-90 feet (=20-30m). Eventuella kostnader för expropriering av mark från privatpersoner ingår inte i dessa kostnader.

Stationskostnaderna varierar mellan \$100K to \$500K per station, dvs mellan cirka 0,7MSEK och 3,5 MSEK per station. Fordonskostnaden uppskattas till mellan \$2.1M/mile (Taxi 2000 tar 1-4 passagerare) och \$8.0M (Cybertran tar 6-20 passagerare). Mindre och lättare fordon och bana innebär lägre kostnader. Då räknar man med att banan inte bör ha fler än cirka 50 fordon per mile, d.v.s. cirka 27 fordon per km.

Övriga kostnader kan inkludera modifikationer på byggnader, parkeringsplatser, och fasadåtgärder av estetiska skäl. Ett kostnadspålägg på cirka 10 procent för planering, miljökonsekvensbeskrivning och projektledning bedöms som rimligt, enligt ATRA. Om banan läggs i befintlig väginfrastruktur som är offentligt ägd, utgår inga extra kostnader för expropriering. ATRA:s slutsats blir en total kostnad på mellan \$6.27- 15.4M/mile, d.v.s. 24-58 MSEK för dessa fyra system. För dubbelspår skulle det bli ungefär dubbelt så dyrt (2003 års prisnivå).

ATS Ltd, som bygger ULTra har gjort en översikt av kostnaderna för byggandet av pilotanläggningen i Cardiff. Deras siffror över materialkostnad och byggkostnad ligger mellan £19-40m (=ca 220-440 MSEK) för 20 km bana, 22 stationer och 2 depåer. De totala kostnaderna inklusive overhead mm beräknades

¹¹⁷ ATRA (2003), Personal Automated Transportation: Status and Potential of

Personal Rapid Transit, Technology Evaluation, Jan 2003, ATRA, <http://www.advancedtransit.org/pub/2002/prt/tech6.pdf>

till mellan £33-58m (=ca 363- 638 MSEK). Totalt blir det en km-kostnad på 18-32 MSEK med ungefär 1 station per km.¹¹⁸ (Obs 2005 års prisnivå). Dubbelspår skulle då kosta cirka 29 – 54 MSEK per kilometer.

I en studie av Buchanan (2006) har man analyserat ett cirka 55 km utbrett spårbilsnät i Daventry i Storbritannien. Nätet föreslås ha 48 stationer och 500 fordon. Där beräknas upphöjda enkelspår kosta 24,2 Mkr/km och dubbelspår 36,7 Mkr/km, d.v.s. med ett tillägg på cirka 50 procent. På marken blir bankostnaden endast 6,8 Mkr/km resp. 8,8 Mkr/km för dubbelspår, d.v.s. med ett tillägg för dubbelspår på cirka 30 procent. Kostnaderna för att bygga stationer uppskattas till 1,8 Mkr för en station i marknivå, och till 3,4 Mkr för en upphöjd station. I genomsnitt är det cirka 1 km mellan stationerna.¹¹⁹

Svenska översikter/studier

Tegnér m.fl. (2008) presenterar en översikt av 18 olika kostnadsuppgifter som gjorts för spårbilsystem under åren 1998-2008 och finner ett medelvärde på 61 MSEK (std dev 24 MSEK). Ett kostnadsintervall med plus/minus en standardavvikelse blir då 36-85 MSEK i investeringskostnad per km enkelspår.

För Kvarnholmen i Nacka har LogistikCentrum gjort en kalkyl åt Skanska som bygger för Vectus. En bana på 9km uppskattas kosta 70 Mkr per km och 16 stationer uppskattas kosta 3Mkr per styck. Vagnparken innehåller 120 fordon med en styckkostnad på 0,5 Mkr. Styrssystem beräknas kosta 10 Mkr. Sammanlagt motsvarar detta en investeringskostnad på 83 Mkr per km dubbelspår.

I en svensk förstudie över ett lokalt spårbilsnät i Eskilstuna gör man en analys av fem kostnadsstudier och kommer fram till att investeringskostnaderna varierar mellan 50-85 miljoner kr/km (2007 års prisnivå). Tilläggskostnaden för dubbelspår blir antagligen inte 100 procent, utan snarare 30-50 procent. En hög uppskattning av kostnaden för dubbelspårig bana blir då cirka 100 MSEK per km inklusive stationer.¹²⁰

Förutom materialkostnaderna som påverkas av råvarupriserna, tillkommer också kostnader som gäller utveckling, konstruktion, installation, kvalitetsstyrning, inköp, offertskrivning, och projektledningskostnader. Dessutom krävs utbildning, dokumentation, mm. Trots att det kan finnas stordriftsfördelar i själva produktionsprocessen finns många projektspecifika kostnader som är svåra att förutsäga. Därför är det viktigt att ha beredskap för oförutsedda kostnadsökningar.

För enkelhets skull antar vi att kostnaden för dubbelspår blir cirka 100 MSEK per km inklusive stationer, på samma sätt som i studien för Eskilstuna. Vi gör dessutom en känslighetsanalys där vi undersöker effekterna av en högre byggkostnad.

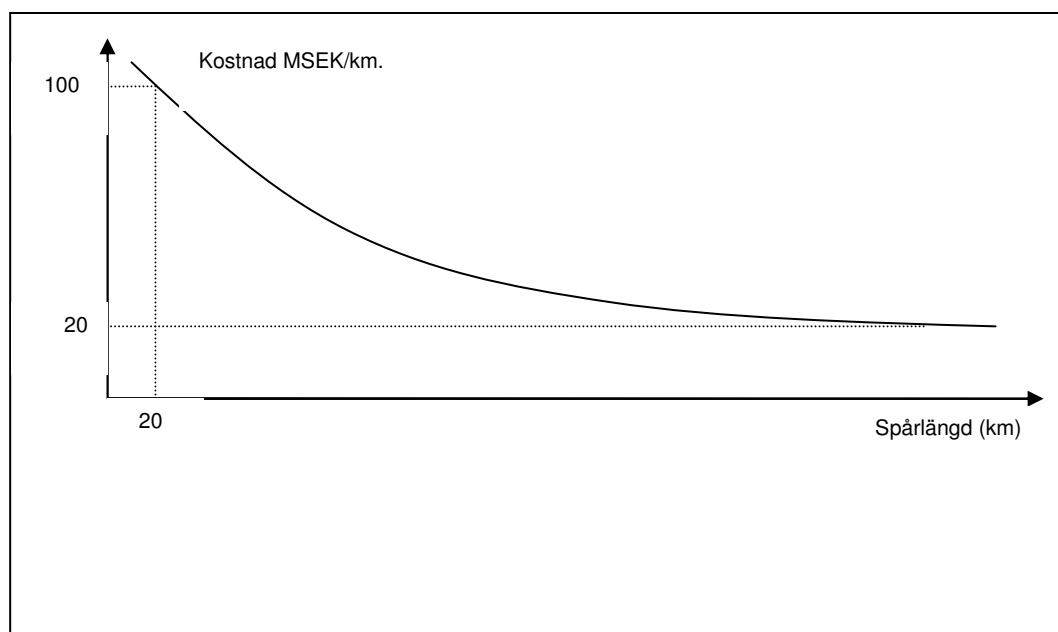
¹¹⁸ ATS Ltd (2005), Infrastructure cost comparisons for PRT and APM, Kerr, James, Arup & Partners; Craig, ATS Ltd, ASCE APM05 Special session on PRT

¹¹⁹ Buchanan (2006), Daventry Development Transport Study, nov 2006, Daventry District Council.

¹²⁰ Hunhammar (2008), Hållbar Infrastrukturutveckling: Nytt transportsystem Spårbilar, Förstudie Eskilstuna Kommun, 2008-03-29, IST rapport 2008:1, Stockholm

Stordriftsfördelar/Skalfördelar

Ovanstående kilometerkostnad är baserad på uppskattningar från relativt små spårnät. Kostnaden kan antas sjunka ju längre bana som byggs, på grund av de skalfördelar som finns. Detta kan jämföras med byggande av annan infrastruktur, t.ex. väg- eller järnvägsbyggande. Skalfördelar finns även i fordonsbyggande och i det fallet är förmodligen kurvan brantare, d.v.s. produktionskostnaderna per fordon minskar snabbare med ökad produktion. Skalfördelarna kan illustreras med följande figur:



Figur B2.1 Illustration av stordriftsfördelar/skalfördelar.

Nätets absoluta storlek påverkar byggkostnaden, men samtidigt påverkas upptagningsområdet och efterfrågan. Lönsamheten hos spårnätet påverkas därför både positivt och negativt av en större nätstruktur, och det är svårt att avgöra den sammanlagda effekten på lönsamheten av större nät.

Lönsamheten i produktionen påverkas också av frekvensen i beställningarna. En stor producent behöver stora och många beställningar för att kunna hålla igång sin produktion och utvecklingsverksamhet. Denna fråga är viktig men går utanför ramarna för denna rapport.

Drift och underhåll

Driftkostnader är svåra att uppskatta innan det finns erfarenhet av ett system i drift. ATS/ULTRA beräknar sina driftkostnader utifrån banlängd, andel upphöjd bana, samt av antalet årspassagerare. Driftkostnaden per bankm varierar mellan 2,74 kr/km vid cirka 300 resor/dag och 3,40 kr/km vid cirka 1700 resor/dag.¹²¹

Edward Andersson vid PRT International (tidigare vid Taxi 2000) beräknar driftkostnader i en systematisk kalkyl för tre nät av olika storlek: 16 km, 40 km,

¹²¹ www.atstld.com

80 km bana (ca 0,7 km mellan stationerna). Resulterande kostnad per bankm blir 1,35 kr/km, 1,77kr/km resp 1,92 kr/km (i 2000 års prisnivå).¹²²

LogistikCentrum har gjort en kalkyl för spårbilsnätet vid Kvarnholmen i Nacka (9km). Där ingår personal (chef, servicemän, operatörer, städare), reservdelar, elkostnader (0,50-0,60 kr/kWh) och styrsystem. Deras beräknade driftskostnader ligger på 1,65 kr/km. För Kvarnholmen kalkylerades med kostnad för ledning, operatörer, mekaniker och städare reservdelar och programunderhåll. Städare och mekaniker uppskattades i proportion till antalet fordon.¹²³

Nyligen har WSP och LogistikCentrum gjort en spårbilstudie för Södertälje kommun.¹²⁴ Där är den första etappens banlängd 11 km och driftskostnaden beräknas till 18 Mkr per år, d.v.s. cirka 1,64 Mkr per bankm.

Buchanan (2006) uppger att driftkostnaderna uppgår till 5,43 kr per fordonsresa. En depå med plats för 500 fordon kostar uppskattningsvis 68 Mkr och systemkostnader som kontrollsystem, fordonskyddssystem, övervakning, och biljettmaskiner kostar sammanlagt cirka 163 Mkr.

Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden

För att vidmakthålla jämförbarheten mellan denna samhällsekonomiska analys av spårilsystemet och liknande analyser av andra transportsystem följer SIKa de samhällsekonomiska principer och kalkylvärden som ASEK rekommenderar för transportsektorn och som Verksforum har beslutat skall gälla.¹²⁵

Kalkylperiod innebär det antal år en åtgärd ger samhällsekonomisk nytta beräknad med utgångspunkt i öppningsåret (trafikstartåret). När den ekonomiska livslängden antas vara 40 år eller färre sätts kalkylperioden normalt samma som ekonomisk livslängd. Vi räknar med 40 års kalkylperiod för spårbilsbanan.

Samhällsekonomisk diskonteringsränta är 4 procent och företagsekonomisk kalkylränta är 6,5 procent enligt ASEK (sid 74).¹²⁶

Restidsvärdena beror på typ av resa; arbetsresa, tjänsteresa, privatresa. Sträckorna Stockholm-Västerås respektive Stockholm-Eskilstuna och Uppsala-Eskilstuna är över 10 mil och inbesparad restid på dessa sträckor värderas därför till 102 kr per timme för privata resor. Övriga relationer i Mälardalen värderas som regionala resor. För privatresor rekommenderar ASEK att åktid värderas till

¹²² Finansiering av spårtaxi – jämförelse med buss och järnväg, WSP Analys & Strategi

¹²³ WSP: Finansiering av spårtaxi... (sid 58).

¹²⁴ Spårbilar för Södertälje – en transportvision, WSP Analys & Strategi, 2008-05-30

¹²⁵ Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn (ASEK 4), SIKa PM 2008:3, http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2008/PM/pm_2008_3.pdf

¹²⁶ Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn (ASEK 4), SIKa PM 2008:3, http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2008/PM/pm_2008_3.pdf

51 kr per timme för regionala resor (<10 mil) och 102 kr per timme för långväga resor (>10 mil) (ASEK sid 92). Tidsvärdena för tjänsteresor är 275 kr/timme oavsett regionala eller långväga resor (sid 99).

ASEK 4 rekommenderar att skattefaktor 1 sätts till 1,21 och att samtliga kostnadsposter i en samhällsekonomisk kalkyl ska innefatta (multiplieras med) skattefaktor I. Denna rekommendation innebär via sin tillämpning ett antagande om att försiktighet/återhållsamhet skall tillämpas vid användning av offentliga medel (sid 76). Skattefaktor 2 föreslås av ASEK uppgå till 1,0 i normalfallet vilket innebär att ingen marginalkostnad för skattefinansiering belastar kostnader för investeringar och drift och underhåll (sid 82).

När det gäller luftföroreningarna CO₂ och NO_x framgår av ASEK (sid 134) att personbilar släpper ut i genomsnitt 176 g CO₂ per fordonskm och 0,444 g NO_x per fordonskm. För lätta lastbilar gäller 236 g CO₂/fkm resp 0,864 g NO_x/fkm. För tunga lastbilar gäller 917,2 g CO₂/fkm resp 9,303 g NO_x/fkm och för bussar 699 g CO₂/fkm resp 7 g NO_x/fkm. För elektrifierade tåg antas energianvändningen inte vara förknippad med några emissioner (ASEK sid 134). Därför antar vi att spårbilarnas energianvändning inte heller förknippas med några emissioner.

ASEK rekommenderar att koldioxid värderas till 1,50 kr/kg (s 146). För NO_x rekommenderar ASEK att regionala effekter värderas till 75 kr/kg (sid 129). För tätortsemissioner skall de regionala effekterna adderas till lokala effekter. För enkelhets skull antar vi att trafiken i Mälardalen enbart ger upphov till regionala effekter.

Enligt SIKAs statistik omkommer i snitt ca. 5,5 personer per 1 miljard fordonskilometer i olyckor där personbil är inblandad. Detta är den siffra vi använt vid uppskattning av minskade olyckskostnader.

Referenser

Andersson M, (2007), *Empirical Essays on Railway Infrastructure costs in Sweden*, doktorsavhandling, Infrastruktur, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm

Anderson J E (1972), *Early History of PRT*, memo,
<http://www.advancedtransit.org/pub/2007/EarlyHistoryOfPRT.doc>

Anderson J E (1988), What determines Transit energy use? *Journal of Advanced Transportation*, vol 22, no 2, s108-133.

Anderson J E (2008), http://www.advancedtransit.org/pub/2008/anderson_dm.pdf

ATRA (2003a): *Personal Automated Transportation: Status and Potential of Personal Rapid Transit*, Main Report, Jan 2003, Advanced Transit Association,
<http://www.advancedtransit.org/pub/2002/prt/main6.pdf>

ATRA (2003b), *Personal Automated Transportation: Status and Potential of Personal Rapid Transit*, Technology Evaluation, Jan 2003, Advanced Transit Association, <http://www.advancedtransit.org/pub/2002/prt/tech6.pdf>

ATS Ltd (2005), *Infrastructure cost comparisons for PRT and APM*, Kerr, James, Arup & Partners; Craig, ATS Ltd, ASCE APM05 Special session on PRT

ATS Ltd, www.atsltd.co.uk

Banverket (2002), Förstudie 2002:08, *Citybanan i Stockholm*, Banverket

Banverket (2004), *Framtidsplan för järnvägen –Infrastruktursatsningar per stråk 2004-2015*, Banverket
http://www.banverket.se/pages/1565/BV_FP_Del_2_040615.pdf

Banverkets statistik: <http://www.banverket.se/sv/Amnen/Jarnvagen/Undersida-1-Jarnvagen/Statistik/Bandata.aspx>

Banverkets (2007), Årsredovisning 2007, s37,
<http://www.banverket.se/pages/1493/BV-AR-2007-TG-x.pdf>

Banverket (2008a), *Höghastighetsbanor i Sverige*,
http://www.infra.kth.se/jvg/Rapporter/Nelldal2008_Hoghastighetsbanor_Sverige.pdf

Banverket (2008b), SJ, Green Cargo, Jernhusen och Alstom, *Nya Tåg i Sverige-Affärsmässig analys*. <http://banportalen.banverket.se/BANPORTALEN/upload/5966/Rapport-Nya-tåg-i-Sverige-Affärsmässig-analys.pdf>

Buchanan (2006), *Daventry Development Transport Study*, nov 2006, Daventry District Council.

Cederschiöld, C (2007), *Trafiklösning för Stockholmsregionen till 2020 med utblick mot 2030*, dec 2007, Stockholmsförhandlingen, <http://www.regeringen.se/sb/d/8896/a/94770>

DN (2007), *Morgondagens bil finns runt hörnet*, Dagens Nyheter 30 november 2007, <http://www.dn.se/DNet/jsp/polopoly.jsp?a=720424>

Dommitzsch, Gutierrez mfl.(2006), *Personal Rapid Transit – Studies on the Implementation of a New Transportation System*, Dep of Urban and Rural Development, SLU-Ultuna

Elforsk, *Plug-in elhybridfordon kan dramatiskt minska koldioxidutsläppen och oljeberoendet*, memo, <http://www.elforsk.se>

Flyvbjerg B., Bruzelius N., Rothengatter W., (2003), *Megaprojects and Risk – An Anatomy of Ambition*, Cambridge University Press, Cambridge

Gerling mfl, *Electric Traction for Automobiles- Comparison of different wheel-hub drives*, <http://www.unibw.de/rz/dokumente/getFILE?fid=2305917&fd=kein>

Indal & Oscarson (2007), *Spårtaxi: En studie om spårtaxisystem i Karlstad ur ett användarperspektiv*, uppsats, Karlstads Universitet, <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-758>

IST (2008a), Hunhammar, Magnus: *Hållbar infrastrukturutveckling: Nytt transportsystem SPÅRBILAR*. Förstudie 2008-03-29, Eskilstuna kommun/IST-2008:1. Sid 79.

IST (2008b), *Strategiskt underlag för införande av avancerade persontransporter*, IST rapport 2008:2

Kågesson, Per (2001): *Hur förhindra en trafikinfarkt i Stockholm?* Nature Associates/Svenska Vägföreningen, 2001.

Maskotmedia (2008). *Underlagsmaterial Nord-Sydbanan*, memo, 2008

OECD (2006), *OECD:s Territorial Review* <http://www.oecd.org/dataoecd/0/41/36673908.pdf>

RES 05/06, Tabell 1, tabellbilaga, <http://www.sika-institute.se>

Ricardo Arboix Barreto (2008), *Heating and Cooling an Electric Vehicle*, KTH, Energiteknik, Tillämpad termodynamik, 2008, Master Thesis.

Rosenblad Elsa (1997), *Brukarens möte med ny teknik – PRT*, Institutionen för konsumentteknik – CTH rapport 1997:10, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

RTK (2001), *Kostnadsuppskattningar för spårprojekt*, PM, RTK, Stockholm http://www.rtk.sll.se/publikationer/promemorior/2001/pm16_2001.pdf

RUFS (2001), *Trafikanalyser RUFS 2001*. Regionplane- och trafikkontoret, PM 2001:12

SIKA (2006), *Ett generellt transportsystem*, SIKA Rapport 2006:1, http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/Import/103/sr_2006_1.pdf

SIKA (2007a), *Samverkan kring regionförstoring*, SIKA rapport 2007:1.

SIKA (2007b), *Uppföljning av det transportpolitiska målet och dess delmål*, SIKA Rapport 2007:3, http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2007/SikaRapport/sr_2007_3.pdf

SIKA (2007c), *Infrastrukturplanering som en del av transportpolitiken*, SIKA Rapport 2007:4, http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2007/SikaRapport/sr_2007_4.pdf

SIKA (2007d), *Yttrande över Vägverkets Beredning inför regeringens tillåtlighetsprövning enligt 17 kap Miljöbalken: Vägutredning effektivare nord-sydliga förbindelser i Stockholmsregionen*. http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2007/Remisser/re_20070529.pdf

SIKA (2008a), *Uppföljning av det transportpolitiska målet och dess delmål*. SIKA Rapport 2008:1, http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2008/Rapport/sr_2008_1.pdf

SIKA (2008b), *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4*, SIKA PM 2008:3, http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2008/PM/pm_2008_3.pdf

SIKA (2008c), *Vilken koldioxidskatt krävs för att nå framtida koldioxidmål?* SIKA PM 2008:4, http://www.sika-institute.se/Templates/FileInfo.aspx?filepath=/Doclib/2008/PM/pm_2008_4.pdf

SIKA (2008d), *Infrastrukturplanering för ökad transportpolitisk måluppfyllelse i storstäder – en fallstudie av Stockholmsregionen*, SIKA rapport 2008:6

SL(2007), *Spårbil för SL*, delrapport 2007-08-08, 17 sid, AB Storstockholms Lokaltrafik

SOU 2005/06:160, ”Moderna transporter”, Statens Offentliga Utredningar

TFK (1992), Alvehag A-C, Malmén P & Sundberg J, *Spårtaxi – för persontransporter, en analys av Personal Rapid Transit*, TFK rapport 1992:7

Transek (2006), *Samhällsekonomisk bedömning av Citybanan och Ytspåret*, Transek 2006:61, http://www.banverket.se/pages/8747/Bilaga_18_2.pdf

Transek AB och Logistik Centrum (1999), *Spårtaxi – ett effektivt och hållbart trafiksystem. Analyser av en pilotbana i Stockholm – marknad och ekonomi*. KFB Rapport Nr 1999:4 <http://www.kfb.se/publ/main.htm>

Trivector (2004), *Vad kostar trängseln för näringslivet? En jämförande studie av trängselns effekt på restiden och hur den kan värderas*. Trivector Rapport 2004:27. Stockholms Stad 2004.

Vectus, <http://www.vectuspst.se>

VTI (1994), E Gustavsson och T Kåberger, *Energiförbrukning för spårtaxi*, VTI-meddelande, nr 737, Väg- och transportforskningsinstitutet

Vägverkets kartor med trafikflöden,
http://www.vv.se/templates/page3____24868.aspx

Vägverket (2004a), *Den Goda Resan – Nationell plan för vägtransportssystemet 2004-2015*, Vägverket publ 2004:93, bilaga,
http://publikationswebbutik.vv.se/shopping/itemlist____237.aspx

Vägverket (2004b), Åkerman, J., & Dreborg, K. H., *Samhällsplanering för minskade CO2-utsläpp från vägtrafiken - Underlagsrapporter till klimatstrategi för vägtransportsektorn*. Vägverket publikation 2004:103 FOI/Fms, Vägverket

Vägverket (2005a), *Konsekvenser av vägförslagen, vägutredning Förbifart Stockholm*, utställelseversion juni 2005, s. 13 och 172.

Vägverket (2005b), *Nord-sydliga förbindelser i Stockholmsområdet*. Sammanfattning av vägutredning. Vägverket juni 2005, sid 32.

Vägverket (2008), PM om ökade CO2-utsläpp. Vägverket 2008-03-31.
http://www.vv.se/filer/52556/pm_okade_CO2_utslapp080327.doc

WSP (2007a), *Summering av svenska studier*, pm, konferens Wien:
<http://advancedtransit.org/pub/2007/tegnert20070422.pdf>

WSP (2007b), *Förbifart Stockholm. Kompletterande resultatuttag*. WSP Analys & Strategi 2007-10-05.

WSP (2007c), *Konsekvensbedömningar av underlag till Stockholmsförhandlingens resultat*, WSP Analys & Strategi, november 2007.

WSP (2008a), Andréasson, Tegnér, Henningsson, *Spårbilar för Södertälje- en transportvision*, WSP Analys & Strategi, 2008-05-30.

WSP (2008b), *Finansiering av spårtaxi - jämförelse med buss och järnväg*, WSP Analys & Strategi, Stockholm

<http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/dualmode.htm>

<http://www.podcar.org/kompass/>

<http://www.malardalsradet.se>

<http://www.eniro.se>

<http://www.resplus.se>

<http://www.resrobot.se>

<http://www.sj.se>

http://ec.europa.eu/research/environment/newsanddoc/article_2650_en.htm

http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200608/20060831_111731_26955_other-modes_D2E_issue1-0.pdf

http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=4381&backlink=%2Fweb%2Fcommon%2Fsearch%2Ecfm&referer=modes%2A11%7Cispostback%2Atrue%7Ccontenttypes%2AProjects

SIKA är en myndighet som arbetar inom transport- och kommunikationsområdet. Våra huvudsakliga uppgifter är att göra analyser, nulägesbeskrivningar och andra utredningar åt regeringen, att utveckla prognos- och planeringsmetoder och att ansvara för den officiella statistiken.

Utredningarna publiceras i serierna *SIKA Rapport* och *SIKA PM*. Statistiken publiceras i serien *SIKA Statistik*. Samtliga publikationer finns tillgängliga på SIKAs webbplats www.sika-institute.se.



Statens institut för
kommunikationsanalys
Akademigatan 2, 831 40 Östersund
Telefon 063-14 00 00
Fax 063-14 00 10
e-post sika@sika-institute.se
www.sika-institute.se

