



**KTH Centre for Sustainable
Communications**

Här finns den lediga kapaciteten i storstadstrafiken

ANDERS GULLBERG

Rapport från KTH Centre for Sustainable Communications
Stockholm, Sverige 2015

ISSN: 1654-479X
TRITA-SUS-2015:1

Centre for Sustainable Communications
KTH, SE-100 44 Stockholm
www.cesc.kth.se



Titel:

Här finns den lediga kapaciteten i storstadstrafiken

Författare:

Anders Gullberg

Rapport från KTH Centre for Sustainable Communications

ISSN: 1654-479X

TRITA-SUS- 2015:1

Stockholm 2015

Centre for Sustainable Communications (CESC)

Centre for Sustainable Communication är ett av VINNOVA finansierat forskningscentrum som grundades år 2007. Centret har byggt upp en stark internationell forskningsmiljö på KTH tillsammans med sina partners som inbegriper stora företag och myndigheter. CESC är ett tvärvetenskapligt forskningscentrum som bedriver innovativ forskning om IT för hållbar utveckling och bidrar till en förändring av samhället i riktning mot hållbar utveckling.

Websida: <http://cesc.kth.se>

Partners 2012-2015

Coop

Ericsson

Swedish ICT - Interactive Institute

Stockholms Läns Landsting – Tillväxt, Miljö och Regionplanering

Stockholms stad

TeliaSonera

Jättegator och gator i två våningar [är nya] medel mot trafikstockning (1927).¹

In most countries the building of new transport infrastructure is no longer an appropriate option (2008).²

¹ Notis (1927) Svenska vägföreningens tidskrift 1927 s. 515 om boulevarder och rymliga gator som utmärkta medel mot den i storstaden hotande åkomman "trafikstockningar" med exempel från Los Angeles, Chicago och Detroit.

² Kesting, Treiber et al. 2008 s. 668.

Sammanfattning

Det finns en mycket stor ledig och väsentligen osynliggjord kapacitet inom trafiken i många storstäder.³ All uppmärksamhet riktas mot situationer av bristande kapacitet och sammanbrott i trafiken. I denna rapport är perspektivet det omvända. Här synliggörs den lediga kapaciteten bland annat genom exempel från Stockholms mest trängseldrabbade väg- och spåravsnitt.

Att ta den lediga kapaciteten i anspråk, det vill säga att öka effektiviteten öppnar för en mer miljövänlig mobilitet.

I personbilar som rullar finns i genomsnitt 3,8 lediga platser.

- Personbilar står parkerade 96 procent av tiden.
- Svårartade stockningar förekommer bara på en mycket liten del av väg- och gatunätet och där också bara under begränsade delar av dagen, veckan och året.
- Vissa trafikslag är mycket ekonomiskt, kapacitets-, miljö- och utrymmesmässigt effektivare än andra. Bussar förmedlar sju gånger så många resenärer som personbilar i stadstrafiken och är fem gånger bättre miljömässigt. Ytmässigt är pendling med spårtrafik 60 gånger så effektivt som med personbil.
- Med reserverade körfält kan bussar klara 15 gånger så många passagerare som personbilar.
- Undviks sammanbrott i fordonsflödet på motorvägar kan tusentals fler bilar komma fram. Små förändringar har stora effekter. Ett exempel: med en minskning om 500 bilar innan stoppet kan ytterligare nästa 10 000 bilar komma fram de närmaste timmarna.
- Lokala spår kan användas för godstrafik under nattetid.
- En jämnare fördelning av resenärer mellan kollektivtrafikens vagnar, bussar och tåg skulle göra det möjligt för fler att resa.
- När spåren inte räcker till eller inte hunnit byggas ut är parallell trafik med snabbussar på reserverade körfält en effektiv lösning.
- Reversibla och reserverade körfält för kollektiv- och annan effektiv trafik kan frigöra stor outnyttjad kapacitet.
- Vattenvägarna skulle kunna användas i större utsträckning och bättre kopplas till annan trafik.
- Med självstyrande fordon menar vissa bedömare att fyra gånger fler bilar kommer fram på vägarna och att bilparken skulle reduceras, kanske till en

³ Många är de personer som på olika sätt hjälpt mig med underlag och kritiskt konstruktiva synpunkter. Jag vill särskilt nämna Peter Almström, Marcus Andersson, Jeffery Archer, Joakim Barkman, Karl Bergkvist, Eva Dahlman, Joanna Dickinson, Gunnar Eriksson, Inga-Maj Eriksson, Mattias Höjer, Karl Kottenhoff, Peter Kronborg, Gunnar Lind, Hans Lindqvist, Lars-Göran Mattsson, Anna Mellin, Henrik Nolmark, Magnus Nordström, Isak Rubensson, Anders Rörby, Kée Tengblad, Mats Wiklund och Jonas Åkerman. Erik Jenelius och Abraham Rondon bearbetade data om trafiken på Essingeleden och förfärdigade figurerna 9, 10 och 11. Studien har finansierats genom Trafikverkets anslag till Centre for Sustainable Communications (CESC) vid KTH. Stort tack för allt detta! Ingen utom jag själv är skyldig till kvarstående misstag och felaktigheter.

tiondel av dagens. Det är oklart om dessa bedömningar är realistiska och ännu mer ovisst om dylika fordon kommer att slå igenom på bred front och inom överskådlig tid. Om så sker ökar trafiksystemets kapacitet avsevärt.

- Empiriskt grundade kunskaper om stadstrafiken är överraskande bristfälliga och ersätts ofta av modellberäkningar vars relationer till faktiska förhållanden ofta är oklara. Kompletteringar är särskilt önskvärda för nyttotrafiken och om vilka de trafikanter och transportörer är som fastnar i vägnätets köer: fordonssammansättning och ändamål samt start- och målpunkter.
- De resultat som redovisas i denna rapport aktualiserar två frågor: är fortsatta storskaliga investeringar i trafikinfrastruktur för effektivitetssvaga transportmedel lämpliga och varför kan inte resenärer och transportörer i storstadstrafiken erbjudas bättre tjänster än de som de nu får hålla tillgodo med?
- En övergripande och utmanande fråga är: hur skulle den mycket stora lediga kapacitet som blottlagts i denna studie kunna användas och fördelas så att alla, inklusive klimatet och stadsmiljön, kan tjäna på en ny ordning? Risker finns att de miljömässiga vinsterna av effektivare användning urholkas, helt försvinner eller vänds i sin motsats av ett ökat resande. Möjligheter finns att motverka en sådan utveckling.

Innehåll

Sammanfattning	3
Inledning.....	6
Att vända på perspektivet	6
Bakgrund.....	10
Något om ianspråktaga trafikytor.....	10
Något om externa effekter inklusive miljön	12
Något om effektiva laster	13
Något om problem och möjligheter enligt ansvariga myndigheter	14
Ledig kapacitet.....	17
Ledig kapacitet på väg	17
Infrastrukturen	17
Ett exempel: ledig kapacitet på Essingeleden	23
Fordon	32
Potentiellt ledig kapacitet på väg	35
Minskad köbildning	36
Fordonsmix	37
Justering av väg- och gatuutbudet	46
Ledig kapacitet på spår	52
Infrastruktur	53
Fordon	55
När spåren inte räcker till.....	57
Ledig kapacitet på vatten	58
Infrastruktur och fartygsflotta.....	61
Överkapacitet.....	62
Fordonsanvändning och -uppställning.....	62
Effekt och hastighet.....	63
Effektivitet och hållbar utveckling	64
Slutsatser	66
Referenser	70

Inledning

I expansiva städer med växande trafik har det visat sig svårt att bygga ut kapaciteten i väg- och gatunäten i samma takt som efterfrågan stiger under rusningstimmarna. Även satsningar på nya eller uppgraderade spår kommer ofta på efterkälken.⁴ Trots stora investeringar tenderar framkomligheten, tillgängligheten och förutsägbarheten att försämrats för resenärer och transportörer.⁵ Den lokala stadsmiljön hotas också av trafikens tillväxt och antagna klimatmål blir svåra att nå. Stor irritation skapas av kötid och tidsmarginaler som blir nödvändiga på grund av osäkerheten om res- och körtider. Ekonomiska värden som på så sätt anses gå till spillo har beräknats uppgå till två procent av BNP.⁶ Ineffektivitet och hoten mot miljön har kommit att bli utmärkande kännetecken för de stora städernas trafikförsörjning. Detta blir uppenbart om man anlägger ett systemövergripande perspektiv på stadstrafiken. Å ena sidan en dyrbar, miljöbelastande och överdimensionerad apparat för resor och transporter. Det handlar om en mängd fordon som står standby i avvaktan på att användas och om tomma platser i infrastruktur och fordon i rörelse. Å andra sidan dimensioneras investeringarna av en i tiden och rummet begränsad överbelastning av denna apparat. Köer och trängsel är koncentrerade till vissa körfält på vägarna och linjer i kollektivtrafiken under begränsade tider av dygnet, veckan och året. Den stora utmaningen består i att använda de resurser som redan finns på ett bättre sätt, att få ut mer transport- och miljönytta för pengarna.

Att vända på perspektivet

Fokus inom trafikplaneringen har sedan länge riktats mot de uppenbara symtomen, mot att kartlägga, bygga bort existerande och prognostiserade köer, flaskhalsar och förseningar. Huvudstrategin har också varit att öka utbudet genom att bygga nya eller förbättra vägar och banor, medan försöken att påverka efterfrågan (mobility management), öka effektiviteten och gynna miljön kommit i andra hand. Detta märks inte minst vid en jämförelse mellan de ekonomiska resurser som satsas på vanligen mycket billiga projekt syftande till att eliminera rese- och transportbehov (steg 1), byta färdmedel och att använda befintliga resurser (steg 2) å ena sidan och att bygga om (steg 3) och bygga nytt (steg 4), å den andra sidan. Dessa alternativ motsvarar de

⁴ Sarzynski, Wolman et al. 2006 s. 604, Shah, Kumar et al. 2012 s. 239.

⁵ Detta är också vad som förutspås i Regeringen 2013, detta trots de stora investeringar man räknar med ska genomföras. Se också Sarzynski, Wolman et al. 2006 s. 604.

⁶ Jansson 1996 s. 39. I Stockholm beräknades en bilpendlare i genomsnitt bli försenad med 50 timmar på ett år vilket värderades till 4 000 kronor, Almström, Andersson et al. 2009 s. 19. Trafikanalys uppskattar kostnaderna för förseningarna i Stockholm till över 6 miljarder per år. Trafikanalys 2011 s. 165. I USA uppskattades genomsnittskostnaden för en bilpendlars förseningar i 498 Urban Areas till \$ 818 för år 2011 och till sammanlagt \$ 121 miljarder samtidigt som kollektivtrafiken beräknades minska trängseln och därigenom undvika ytterligare trängselkostnader för \$ 20,8 miljarder. Schrank, Eisele et al. 2012 s. 1.

fyra stegen i den fyrstegsprincip som Trafikverket har att följa.⁷ Denna går ut på att när ett aktuellt eller framtida trafikbehov identifieras så ska lösningar sökas i den angivna ordningen. Som regel är dessutom effekterna snabbare och betydligt större per satsad krona i projekt som syftar till att tillvarata existerande resurser jämfört med att bygga nytt. I utredningen *Fossilfrihet på väg* föreslås att Trafikverket ska ges möjlighet att bekosta insatser i steg 1 och 2 och inte som nu när nästan bara steg 3 och 4 finansieras över den statliga budgeten.⁸

I denna rapport är perspektivet det omvända. I stället för att kartlägga när och var kapaciteten är otillräcklig ges exempel på ledig och potentiellt ledig kapacitet, och på några fall av överkapacitet. Med en sådan utgångspunkt, ett annat sätt att tänka, blir det naturligt att i ett senare skede undersöka om, och i så fall hur, denna lediga kapacitet skulle kunna utnyttjas som alternativ och/eller komplement till en fortsatt utbyggnad av den fysiska infrastrukturen. Potentiellt finns här stora miljövinster att göra genom att både infrastruktur och fordon används på ett mer effektivt sätt med mindre utsläpp och energi- och ytanvändning per resa och transport. Men det finns också en risk för att ökad effektivitet leder till en ökning av trafiken som åter upp dessa vinster. En fråga som också infinner sig är hur de olika trafikslagen skiljer sig åt både när det gäller kapacitet och resursanvändning, något som kommer att beröras i nästa avsnitt.

Rapporten bygger i stort sett på redan publicerade uppgifter och vissa bearbetningar av dessa. Därutöver har statistik inhämtats och bearbetats från följande källor: RVU 2011–2013, flöden och hastigheter från två detektorer vid Essingeleden i norrgående riktning, trängselindex från Trafikverket, bussdata från trafikförvaltning i Stockholm (databasen RUST) och från ÅF-Infrastrukturens undersökningar av tunnelbanetrafiken.⁹ Någon ytterligare datainsamling har inte genomförts. I enskildheterna är det inga nyheter som presenteras. Det nya är det valda perspektivet och sammanställningen av uppgifter utifrån detta. I många fall låter sig gängse studier med inriktning på överbelastning inverkas så att även ledig kapacitet går att identifiera. Detta är dock inte utan problem och denna rapport ska ses som ett första försök i angiven riktning.

Studien ger ingen heltäckande beskrivning av den lediga kapaciteten i storstädernas transportapparat. Istället ges några räkneexempel valda så att de ska representera de mest utmanande fallen. Det vill säga att söka ledig kapacitet när och där

⁷ Fyrstegsprincipen lanserades ursprungligen inom Vägverket 1997 och redovisades i inriktningsbeslutet från 2002 (Regeringen 2002) och i regeringens beslut den 14 mars 2002 om att upprätta långsiktiga planer för transportinfrastrukturen m.m. Se också Regeringen 2012. Jfr Statens institut för kommunikationsanalys 2005, Nilsson et al. 2012 och Trafikverket u.å. En genomgång av olika åtgärder i relation till de fyra stegen görs i Trafikverket 2012b s. 52ff.

⁸ SOU 2013:84 s. 779. Trafikverkets möjligheter att (med)finansiera åtgärder enligt steg 1 och 2 har minskat samtidigt som osäkerheten om hur gällande regler ska tolkas har ökat, Dickinson 2014. Steg 1 kommer enligt vissa uppgifter inte alls ifråga Länsstyrelsen i Stockholm 2014 s 74.

⁹ Magnus Nordström 2012, specialräkning som underlag till utredning om kollektivtrafik till Hagastaden.

trafikapparaten är som mest belastad – morgonpendlingen mot regioncentrum och trafiken i innerstaden. Detta har resulterat i undersökningar i Stockholmsområdet, och där av Essingeleden på förmiddagen norrut, tunnelbanan i morgonrusningen från Medborgarplatsen i riktning mot Slussen¹⁰, de parallellt gående bussarna på Nynäsvägen via Johanneshovsbron, Södertunneln och Centralbron till Stockholms C¹¹ samt busslinje 4, den med flest passagerare av innerstadens och hela landets linjer.¹²

De presenterade räkneexemplen är statiska. Det vill säga, de tar inte hänsyn till sekundära effekter som till exempel att minskad trängsel på vissa leder ändrar resandet i andra delar av systemet och ofta lockar fram mer trafik. På ett sätt som svara mot vad som händer när kapaciteten ökar genom nya vägar, drar också kapacitet skapad genom en effektivare användning av befintliga resurser till sig ny trafik (latent efterfrågan).¹³ Lediga och potentiellt lediga resurser har beräknats schematiskt och här berörs inte frågan om hur de påverkar varandra eller om de är möjliga att nyttiggöra, vilket beror på såväl institutionella förhållanden (hur trafiken organiseras) som på mänskligt handlande.¹⁴ En annan begränsning är att några lediga resurser och resurshöjande åtgärder omnämns utan att deras effektivitetshöjande potential skattas. På ett allmänt plan diskuteras dock så kallade rekyl-, rebound- och backfireeffekter som en påminnelse om att ökad effektivitet är ett tveeggat vapen i kampen för en miljömässigt hållbar trafik. Detta sker under rubriken *Effektivitet och hållbar utveckling* i slutet på rapporten.

I nästa avsnitt jämförs några grundläggande egenskaper hos de olika trafikslagen som kapaciteter, ianspråktaga ytor, miljöeffekter och hur två av huvudaktörerna inom Stockholmstrafiken, Trafikverket och Stockholms Lokaltrafik ser på trafiksituationen idag (egentligen för några år sedan) och det kommande decenniet. Därefter följer undersökningar av ledig kapacitet på väg, både hos infrastrukturen och i fordonen. En översikt över kapacitet i vägsystemet som skulle kunna frigöras följer. Det handlar både om köbildning, fordonsmix och mindre justeringar av infrastrukturen. I nästa avsnitt belyses situationen inom spårtrafiken, dess infrastruktur och vagnpark, men också en diskussion om vad som kan göras då spåren inte räcker till. Också frågan om lokala transporter på vatten tas upp.

Det som presenteras i denna rapport handlar om att kartlägga resurser som redan finns, men med ett undantag, förarlösa, självgående eller autonoma fordon – beteckningarna är många. Åsikterna går vitt isär om och i så fall hur snabbt ett genombrott för detta fordonsslag kan förväntas. Som bekant satsas enorma

¹⁰ Delsträcka grön linje med flest resenärer Skanstull–Medborgarplatsen 15 900 7.30–8.30 hösten 2009 Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 24.

¹¹ "Riksväg 73 Nynäsvägen är kanske den infartsled som har de allra störst problem för busstrafiken. Trots att det finns busskörfält utmed en stor del av sträckan" Kronborg 2011 s. 24.

¹² Buss 4 är den linje som har överlägset flest resenärer. Kronborg 2011 s. 7, flest i Sverige med drygt 60 000 passagerare per vardagsdygn Trafikkontoret, Stockholm stad Buss 4.

¹³ Om så kallad inducerad eller förorsakad trafik se till exempel: Santos, Behrendt et al. 2010 s. 64, Sarzynski, Wolman et al. 2006 s. 604, Small och Verhoef 2007 s. 173.

¹⁴ Dessa begränsningar är just de som identifierats hos flera studier av HOV-filers effekter. Shewmake 2012 s. 364.

ekonomiska och PR-mässiga resurser för att så ska ske, inte minst av den i västvärlden trängda bilindustrin. Anledningen att här ta upp frågan om vilken inverkan dessa fordon skulle kunna få på kapaciteten i stadstrafiken är inte i första hand den stora uppmärksamhet som de nu får. Det är istället att automatiserade fordon inte är en fråga om allt eller intet, utan om en gradvis utveckling. De första stegen är redan tagna, bland annat genom så kallade adaptiva farthållare och ytterligare automatiseringar kommer sannolikt att vinna spridning i bilparken. Men om och i så fall när ett genombrott på bred front kan ske är som sagt synnerligen ovisst.

Överkapaciteten hos fordonsparken uppmärksammas också liksom vilka riskerna är för att miljövinster av ökad effektivitet ska resultera i ökad konsumtion som neutraliserar hela eller delar av dessa vinster. Rapporten avslutas med ett avsnitt om vilka slutsatser som kan dras, viktiga frågeställningar att gå vidare med samt en tabell över ledig kapacitet i stadstrafiken.

Detta är, som nämnts ett första försök att sätta den samlade lediga kapaciteten inom stadstrafiken i fokus. Ansatsen är ännu under utveckling och några av de uppgifter jag använt är osäkra. Här finns ändå en stor potential som kan användas för att främja de transport-, klimat- och miljöpolitiska målen, särskilt om inriktningen på steg ett och två i fyrstegsprincipen kan komma att öka. Men då måste arbetet föras vidare på sätt som diskuteras i avsnittet *Slutsatser*.

Bakgrund

De olika trafikslag som finns tillgängliga i en stad som Stockholm skiljer sig inbördes åt i en rad avseenden. Alla trafikslagen har sina för- och nackdelar. Dessa skillnader kan med fördel beaktas vid formuleringen av en framsynt stads- och trafikpolitik.

Något om ianspråktaga trafikytor

Allt fler städer har åtminstone programmatiskt anammat idén att förtäta i stället för att gynna en utspridning och utglesning av bebyggelse och olika verksamheter. Förhoppningen är att en tätare stad också ska vara attraktiv, välmående och spännande, egenskaper som står sig väl i den internationella tävlan om prestige, besökare och investeringar som pågår mellan storstadsregioner. I en sådan stad blir konkurrensen om marken hård. Att hushålla med denna och inte låta trafikens ytor inklusive dess inverkan på intilliggande områden i form av buller, föroreningar och barriäreffekter, breda ut sig blir allt mer nödvändigt.

Det är stor skillnad mellan trafikanternas ytanvändning beroende på transportslag. Under färd i rusningstrafik *tar en resenär med bil i storleksordningen 25 gånger så stor tidyta i anspråk som den som färdas med buss i blandad trafik och 60 gånger större än spårburna resenären*.¹⁵ Tidyten definieras som hur lång tid en resenär ockuperar hur stor yta under hela resan. Om också parkeringsplatsen för bilen under arbetsdagens åtta timmar räknas in blir ökningen inte mindre än 850 gånger vid övergång från spårburen pendling till bilpendling.¹⁶ Hur stadsborna väljer att resa, i den utsträckning som det finns alternativ att välja mellan, har således en stor betydelse för hur starkt tryck det blir mot att ta ytor i anspråk för trafiken.

De olika trafikslagen skiljer sig kraftigt åt också när det gäller hur många resenärer de kan transportera. Även i detta fall är den rumsliga aspekten viktig: hur breda är de trafikkorridorer (vägar och spårområden) som olika trafikslag behöver för att transportera ett visst antal personer? Eller hur många personer kan olika trafikslag förmedla per breddmeter?

Enligt räkneexempel från mitten av 1970-talet är bussen sju gånger så kapacitetsstark som bilen i blandad stadstrafik, både på stadsgator och stadsmotorvägar. Även annan kollektivtrafik, liksom gång och cykel står sig bra i konkurrensen (tabell 1).

¹⁵ Vuchic 1999 s. 55.

¹⁶ Vuchic 1999 s. 57.

Tabell 1: Förmedlad trafik per breddmeter och timme.¹⁷

	Antal resande	Index: bil på stadsgata = 1	Index: bil på stadsmotorväg=1
Gång på gångbana	3 600	15,7	4
Cykling på cykelbana	1 500	6,5	1,7
Personbil 1,5 personer/bil, 14 m. bred stadsgata blandad trafik	230	1	0,3
Personbil 1,5 personer/bil stadsmotorväg	890	3,9	1
Buss 30 passagerare stadsgata som ovan	1 600	7	1,8
Buss 40 passagerare stadsmotorväg	6 600	28,7	7,4
Tunnelbana	5 600	24,3	6,3
Pendeltåg	5 600	24,3	6,3

Enligt en preliminär rapport från Trafikverket kan för cykel, kapacitet per körfält om 1,20 meter anges till 1 500 per timme medan den för gångtrafik, utan besvärande störningar, uppskattas till 2 000 per breddmeter och timme.¹⁸ I en skiss över de olika trafikslagens kapacitet och ytanvändning visas samma tendens.

Tabell 2: Kapacitet i termer av antal förmedlade personer per timme samt använd yta för olika trafikslag.¹⁹

Trafikslag	Kapacitet personer/timme	I relation till personbil	Ytanvändning kvm/trafikant	i procent av personbil
Fotgängare	17 000	9–19	0,8	4
Spårvagn	17 000	9–19	1,2	5
Buss	8 000	4–9	2,1	10
Cykel	3 000	2–3	9,7	44
Personbil på motorväg, stadsgata	1 800–900	1	22,1	

Enligt ett annat räkneexempel kan kollektivtrafik på egen bana, 8 meter bred – ett spår i vardera riktningen – förmedla 15 000 personer under en timme. För biltrafik på stadsmotorväg krävs 7 körfält i vardera riktningen med en bredd av omkring 50 meter, medan vanliga stadsgator drar inte mindre än 17 körfält gånger två till en sammanlagd bredd av cirka 120 meter. Reguljär busstrafik på reserverade körfält behöver för samma personbefordran fyra körfält och en total bredd om 14 meter. I detta fall beräknas således busstrafiken vara nästan 15 gånger så kapacitetsstark som

¹⁷ Källa: World Bank Sector Policy Paper 1975 citerad efter Jansson 1996, egna beräkningar.

¹⁸ Berg u.å., Kapitel 2 – Cykeltrafikanläggningar respektive Kapitel 1 Gångtrafikanläggningar.

¹⁹ Källa Haatveit 1987, här citerad efter Karlsson 2011 s. 23.

bilen.²⁰ Kapaciteten hos spårvägen är enligt en annan studie 9–19 gånger större än personbilen och ytanvändningen fem procent per trafikant (tabell 2).

Dessa exempel påvisar övertygande den stora skillnad i kapacitet och ytanvändning som föreligger mellan trafikslagen när det gäller att förmedla resenärer i den täta stadstrafiken.

Denna skillnad understryks ytterligare av att det för varje bil behövs i storleksordningen tre till fyra parkeringsplatser.²¹ Detta betyder mellan 75 och 100 kvadratmeter parkeringsyta per bil på olika destinationer. Detta utgör med stor sannolikhet en betydligt större yta per förmedlad resenär än depåer och hållplatser för bussar. Inom Stockholms stad finns cirka 15 000 000 kvadratmeter gatumark. Av denna används cirka en tredjedel som gångbanor och torgytor avsedda för gående och två tredjedelar som körbanor för fordonstrafiken i form av cyklar, bussar och spårvagnar, godstrafik och privatbilar. Vissa delar av körbanan har reserverats för särskilda ändamål: cirka en fjärdedel för parkeringsplatser – en lika stor yta som hela stadsdelen Östermalm – 3–4 procent för cykelbanor eller cykelfält och cirka 1–2 procent för busskörfält och busshållplatser.²²

I en stadsregion som vill reservera ytor för olika typer av aktiviteter och verksamheter på trafikens bekostnad och som prioriterar tillgänglighet och framkomlighet finns det med andra ord överväldigande skäl att satsa på kollektiv-, cykel- och fotgängartrafik, när det gäller persontransporter.

Något om externa effekter inklusive miljön

Bland de negativa effekter som stadstrafiken förorsakar intar regelmässigt trängseln och alla de förseningar och osäkerheter som denna förorsakar en av de främsta platserna. I någon mån belyser de ovan redovisade exemplen detta förhållande, även om det exakta trängselläget bestäms av hur utbyggd de olika trafikslagens utbud är i förhållande till efterfrågan.

Av andra negativa effekter har de viktigaste, förutom trafikens barriäreffekter, fångats i en undersökning publicerad av Trafikanalys. Detta sker i tabeller över marginalkostnaderna för vägtrafikens externa effekter för olika trafikslag och trafikmiljöer (landsbygd och stad). Nedan återges relationen mellan personbil (bensin) och buss efter anpassning till fordonens beläggning i storstadstrafiken, särskilt under så kallad rusningstid (bil justeras från 1,5 till 1,2 och buss från 12 till 30 passagerare).

²⁰ Vuchic 1999 s. 58.

²¹ Jakle and Sculle 2004 s. 244, räknar med tre platser per bil: vid bostaden, arbetet och köpcentret, medan Shoup 2005 s. 5 räknar med fyra, en vid bostaden och tre därutöver.

²² Firth 2012 s. 19.

Tabell 3: Marginalkostnaderna för vägtrafikens externa effekter för personbil i relation till buss (bensin) i storstadstrafiken under så kallad rusningstid.²³

Kostnadsslag	personbil/buss
	bensin
(1) Infrastruktur (drift & underhåll)	2,7
(2) Olyckor	7,1
(3) Emissioner, CO ₂	7,7
(4) Övriga emissioner	2,7
(5) Buller	5,0
Sammanvägt	5,3

Vi kan med andra ord konstatera att bussen i dessa avseenden är bilen överlägsen med en faktor 2,7–7,7 och sammanvägt drygt en faktor 5 (tabell 3).

Något om effektiva laster

Andelen nyttolast varierar kraftigt mellan olika typer av transporter, trafikslag och resandevolymer – här exemplifierat efter förhållanden under högtrafik (tabell 4). I de icke spårburna transporterna, som har högre friktion, är kvoten mer utslagsgivande än i de spårbundna transporterna.

Tabell 4: Andel nyttolast för olika trafikslag.²⁴

Trafikslag	Specifikation	Procent nyttolast
Gång		100
Cykel	1 person 75 kg; en cykel 15 kg; 75/90	83
Ledbuss	40 personer 3 ton; Scania CN113 24 ton; 3/27	11
Personbil	1,2 personer 90 kg; personbil 1 300 kg; 90/1 400	6
Matkasse i bil	30 kg; förare och personbil 1 400 kg; 30/1 400	2
Tunnelbana	650 passagerare 50 ton; Tunnelbanetåg C20 200 ton; 50/250	20

²³ Trafikanalys 2014b. Grundmaterialet finns i tabell 1.5 s. 6. Ett försök görs att bestämma trafikens barriäreffekter för gående i Berg, Sjöholm et al. 2014 s. 14. Det som föreslås är att värdet av den väntetid som fotgängare drabbas av vid passage av vägen ska definieras som effektens storlek. Ansatsen är intressant med innebär en stor underskattning då värdet av tidsförlusterna hos trafikanter i alla trafikslag liksom av alla de förflyttningar som aldrig blir av på grund av vägen måste tas med.

²⁴ Egna beräkningar.

Något om problem och möjligheter enligt ansvariga myndigheter

Trafikverket och SL har i *Bristanalys av transportsystemet fram till 2025 med tyngdpunkt på kapacitet och effektivitet* respektive *Trafikplan Lokaltrafik 2010 2020* från 2010 identifierat problem i Stockholmstrafiken. Även om nya stora projekt beslutats på senare tid ger dessa dokument ändå en god bild av hur ansvariga instanser uppfattar situationen idag och de närmaste åren. I storstäderna ställs det, enligt Trafikverket, "krav på att trafikanterna inte ska uppleva betydande osäkerheter i den förväntade restiden." Verket pekar på att små störningar, höga trafikvolymerna och onormalt väder "kan ge stora konsekvenser för restiden." Därför ställs "höga krav på robusthet och att trafikanterna får fortlöpande information. ... Trängseln på vägarna har ökat och kapacitetsbristen i de spårbundna systemen försvårar överflyttning av resenärer" menar verket. I Stockholm har man funnit att den ökade trafiken lett till att rusningstrafiken varar under längre tid.²⁵

När det gäller brister i vägnätet pekar Trafikverket särskilt på trängsel och bärighet. Utpekade orsaker till effektivitetsbegränsningar är, förutom brister hos infrastrukturen, bland annat "flaskhalsar vid incidenter och vägarbeten, begränsad framkomlighet för varudistribution i storstäder, brist på terminal- och infartsparkeringar". Trafikverket definierar kapacitetsbrist som "när restiden ökar med mer än ca 20 % *i förhållande till den normalt förväntade*." (kursivering tillagd). I de stora städerna med periodvis kraftig köbildning får det anses normalt att förvänta sig betydande restidsförlängningar längs vissa leder och vid vissa tider. Sättet att definiera kapacitetsbrist synes därför handla om restidsosäkerheter snarare än om att köfrihet och samma framkomlighet och restider ska erbjudas oavsett tid på dygnet. Minskad osäkerhet om hur lång tid en resa eller transport kommer att ta har en positiv inverkan genom att de tidsmarginaler som behövs för att säkerställa framkomst vid en viss tid (bufferttid) kan minskas.²⁶ En extra tidsmarginal på 20–30 minuter är vad trafikanter uppges få räkna med vid färd längs Essingeleden.²⁷ Eller som Trafikverket uttrycker det i en annan rapport: "En relativt sett längre restid är naturlig i storstad på grund av trängseln. Det för trafikanterna största problemet är bristen på förutsägbarhet. En arbetsresa kan vissa dagar ta 30 minuter, andra dagar 90 minuter."²⁸ Restidsosäkerhet är som bekant också något som kollektivtrafikanterna lider under.

²⁵ Trafikverket 2012a s. 39. Att kötiden ökar behöver inte nödvändigtvis bero på att trafiken ökar. En annan möjlighet är att trafiken fördelar sig annorlunda över tid. Om fler åker allt tidigare för att undvika sammanbrottet tenderar detta att inträffa allt tidigare. För att kön ska lösas upp krävs mycket låg tillströmning och denna kan komma att nås först vid samma tidpunkt som tidigare. Om det förhåller sig på detta sätt är möjligt att undersöka med hjälp av historiska data om tidprofilerna för fordonstillströmningen till Essingeleden.

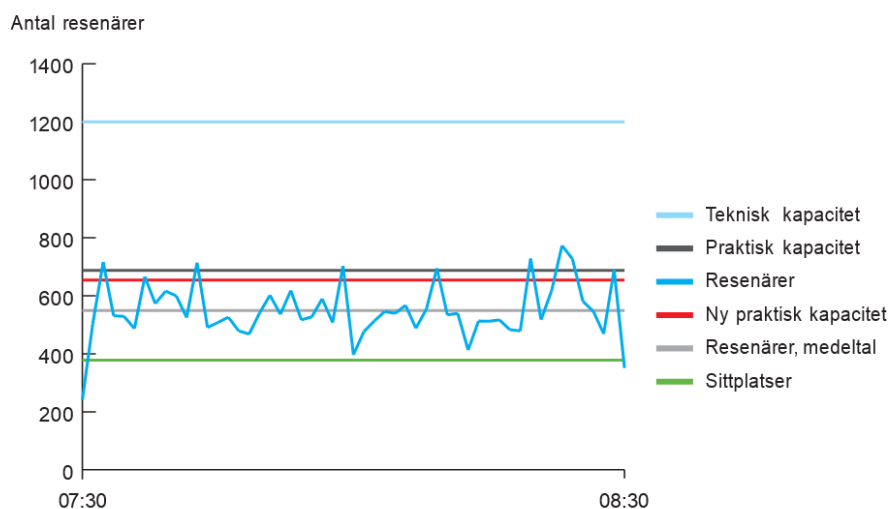
²⁶ Trafikverket 2012a s. 40.

²⁷ Johansson 2008 s. 8.

²⁸ Trafikverket 2012b s. 43.

En slutsats av Trafikverkets och SL:s analyser är att kollektivtrafiken måste ta en ökad marknadsandel av den efterfrågan som väntas tillkomma i storstäderna.²⁹ Utsikterna för Stockholmsregionen år 2025 målas ändå i dystra färger. Trots att flera mycket stora investeringar beräknas ha skett innebär en bristande spårkapacitet att ”en nödvändig ökning av andelen kollektivtrafik” saknar förutsättningar att genomföras.³⁰ Busstrafiken har stora svårigheter både på de trängseldrabbade infartsvägarna och i innerstaden med långa restider som följd. De reserverade busskörfälten antas inte vara sammanhängande. Den då, enligt planerna, färdigställda Förbifart Stockholm förväntas leda till ökad trängsel på många leder, men också till att kapacitetsproblemen inte kommer att öka lika snabbt som annars, längre in mot regionens centrum.³¹

Att det är morgontrafiken som är dimensionerande för trafiksystemet konstaterar SL i nämnda rapport från 2010.³² Punktlig, prisvärd, snabb, med hög turtäthet och korta gångavstånd är den service som resenärerna uppges önska sig. I framtiden förutspås komforten spela en större roll för resenärerna.³³



Figur 1: Resenärer per avgång på tunnelbanans Gröna och Röda linjer under maximtimmen mellan Gamla stan – T-Centralen 07.30 – 08.30, hösten 2008. De stora variationerna i antalet passagerare mellan olika tåg under högtrafik framgår av figuren. Minskningen av ”Praktisk kapacitet” till ”Ny praktisk kapacitet” beskrivs som en anpassning till resenärernas upplevelse av trängsel.³⁴

²⁹ Trafikverket 2012a s. 99.

³⁰ Trafikverket 2012a s. 104.

³¹ Trafikverket 2012a s. 105.

³² Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 5.

³³ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 11.

³⁴ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 22.

Pendeltågstrafiken kommer att kunna expandera när Citybanan tagits i bruk, och ytterligare då Mälarbanan helt byggts ut till fyra spår, medan det finns klara begränsningar i tunnelbanesystemet där spåren under högtrafik är maximalt utnyttjade, till exempel den gröna linjen med nästan 30 tåg per timme. Det är kostsamt att öka kapaciteten, vilket dock i viss mån kan ske genom trimning av signalsystemet och automatisk drift.³⁵ En annan, men tämligen begränsad, potentiell kapacitet gömmer sig i de stora variationerna i belägningsgrad mellan tåg och vagnar även under högtrafik. Med en jämnare fördelning mellan tåg och vagnar hade en betydande kapacitet kunnat frigöras år 2008 vilket framgår av figur 1.³⁶ Sedan dess förefaller emellertid belastningen på tunnelbanan under maxtimmen ha ökat.

I framtiden räknar SL med att trängseln på de svårast drabbade sträckorna, till exempel mellan Slussen och T-centralen ska minska. Detta beroende på utbyggnaden av tvärbanan och den utökade pendeltågstrafiken.³⁷ Som komplement och/eller alternativ till ökad spårkapacitet nämner SL särskilt avlastande direktbussar till nya mål i Stockholms innerstad.³⁸ Sammanhängande stråk med reserverade busskörfält – nya eller förlängda bland annat på Tyresövägen och Nynäsvägen – prioriteringar i trafiksignalerna och påstigning i alla dörrar nämns som möjliga alternativ.³⁹

SL uttrycker med andra ord stor tillförsikt inför framtiden medan Trafikverkets bild av vad som väntar Stockholmstrafiken är betydligt dystrare. Trots de enorma investeringar som planeras i utbyggd kapacitet kommer trängseln på vägarna bara att öka och enda trösten tycks vara att ökningen blir långsammare vid färd till och från regionens centrum. Den ökning av kollektivtrafikens marknadsandel som verket anser som nödvändig beskrivs som svår att uppnå.

Även om framtidsutsikterna idag, hösten 2014, ser annorlunda ut jämfört med för fyra år sedan, inte minst genom planerna att bygga ny tunnelbana, framstår ändå sökandet efter effektiviseringsvinster och nya miljövänligare sätt att lösa storstädernas transportproblem som mycket angeläget. Någon samlad strategi utvecklas tyvärr inte i det publicerade framkomlighetsprogrammet för Storstockholm. Att trängseln kommer att bestå i framtiden upprepas, trots de stora väginvesteringar som nu är beslutade.⁴⁰ En av utgångspunkterna är att de centrala delarna av det primära vägnätet är maximalt utnyttjade samtidigt som, på ett annat ställe i rapporten, trängselskatten beskrivs som effektiv.⁴¹

³⁵ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 22, 66.

³⁶ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 23.

³⁷ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 67.

³⁸ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 40, 43, 47.

³⁹ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 43, 47.

⁴⁰ Trafikverket 2014 s. 22.

⁴¹ Trafikverket 2014 s. 10 resp. 31.

Ledig kapacitet

I det följande skiljer vi på ledig kapacitet, potentiellt ledig kapacitet och överkapacitet. Men ledig kapacitet avses en resurs som kan tas i anspråk utan betydande förändringar som till exempel en väg där det finns plats för flera bilar utan att framkomligheten försämras för andra fordon eller bilar som körs med plats för fler passagerare och mer gods. Med potentiellt ledig kapacitet menas att en resurs kan användas mer effektivt om vissa förändringar görs som till exempel att justera tillströmningen av fordon eller att öka andelen yteffektiva transportslag så att svårartade trafikstockningar förhindras och trafiken kan fortsätta att flyta. Även en annan fördelning av väg- och gatuutrymmet kan frigöra stor ledig kapacitet. Med överkapacitet avses prestanda och resurser som överskrider vad som finns praktiska och legala möjligheter att nyttja, som till exempel motoreffekt och maximal körhastighet hos många privata motorfordon.

Ledig kapacitet på väg

Infrastrukturen

På den överväldigande delen av gator och körfält på större vägar flyter trafiken utan att allvarligt hindras av andra fordon. Där uppstår aldrig trafikstockningar och de delar av väg- och gatunäten som drabbas gör så bara under begränsade delar av dygnet, veckan och året. Men som redan påpekats är det regelmässigt det motsatta förhållandet som har stått i centrum i den praktiska trafikhanteringen lika väl som i forskning och utredningsverksamhet. Försöken att identifiera ledig kapacitet i väginfrastrukturen blir därför beroende av hur trafikstockningar definierats och undersökts. Det är därför studier av körlängder, hastighetsminskningar och restidsförlängningar som, inverterade, får bilda underlag till försöken att ringa in den lediga kapaciteten.

Trots att frågan ägnats stor uppmärksamhet finns ingen konsensus beträffande hur bilkö, trängsel, trafikstockningar, överutnyttjande eller hur man nu benämner fenomenet, ska definieras och mätas.⁴² Två huvudriktningar kan identifieras, definition i termer av flaskhalsar som stoppar upp trafikens fria flöde och i termer av tidsfördröjning i relation till någon referensalternativ, vanligen fritt flödande trafik, men ibland också till de förväntningar om restid som det kan finna anledning att ha.⁴³ För regelbundet återkommande trafikstockningar framstår det som rimligt med

⁴² Morán Toledo 2008, Morán 2011. Det betyder emellertid inte att frågor om kapacitet för olika typer av vägar och trafikanläggningar nonchalerats. Tvärtom har under lång tid mycket omfattande arbete ägnats dessa spörsmål med hjälp av allt mer förfinade metoder. Se t.ex. amerikanska Highway Capacity Manual med fem utgåvor, den första från år 1950. Ett nordiskt arbete på uppdrag av Trafikverket går under förkortningen METCAP. Strömberg (u.å.).

⁴³ Kronborg och Davidsson kopplar på sätt och vis samman de båda definitionerna men att föreslå att kö definieras som den sträcka där det från luften ser ut att vara kö, det vill säga vid 40 km/h eller långsammare på 50-skyltade vägar. Kronborg och Davidsson 2008 s. 6.

en förväntningsrelaterad definition, men inte för oväntade stockningar. De senare har uppgivits svara för mellan 50 och 60 procent av trängselförseningarna.⁴⁴ Man kan också skilja mellan trängseln längs en trafikled och inom ett geografiskt område.⁴⁵ Trafikstockningar, hur de än definieras, är underförstått negativa, ses som hart när oundvikliga i vägnätet och också som något som, om möjligt, bör undanröjas eller i vart fall mildras.⁴⁶ Men det finns också avvikande uppfattningar på denna punkt enligt vilken köer är ett tecken på en hälsosam ekonomisk tillväxt samtidigt som överinvesteringar i vägar har undvikits.⁴⁷ Enligt den konventionella visdomen på området är en viss köbildning samhällsekonomiskt optimal.

Att identifiera ledig kapacitet i vägnätet, och här sker en förenklande begränsning till trafikleder, handlar dels om att kartlägga vilka leder som aldrig är allvarligt drabbade av trafikstockningar och hur mycket mer trafik som skulle kunna förmedlas längs dessa utan att de korkas igen, dels om hur mycket ledig kapacitet som finns på drabbade vägar under tider då trängsel inte råder: hur mycket trafik kan förmedlas under dessa tider? Ytterligare en form av ledig, egentligen *potentiellt* ledig, kapacitet utgör de trafikmängder som skulle kunnat förmedlas under den tid då sammanbrottet i trafiken varar, om detta hade kunnat undvikas.

Moran understryker betydelsen av att definition av och mått på trängsel utformas i relation till hur det problem eller den frågeställning ser ut som man önskar angripa. Av de sju aspekter han nämner är det särskilt två som är intressanta för syftet i denna rapport: dels en känslighet för variationerna i tid och rum, dels för svårighetsgraden eller effekten hos trängseln.⁴⁸ Det är bland annat i variationerna i trängsel, tid, rum och svårighetsgrad, som den lediga kapaciteten gömmer sig.

Trafikträngsel och dess egenskaper är ett omfattande forskningsområde med långt ifrån fullständig konsensus. Frågan här är hur kapaciteten och därmed också den lediga kapaciteten på en väg kan bestämmas. Kapacitet uttryckt som förmedlade fordon per tidsenhet ökar även efter det att hastigheten hos fordonen börjar minska på grund av en, till att börja med, lätt ökad trängsel. Erfarenhetsmässigt anges ofta 70 kilometer per timme som den hastighet som medger det största flödet.⁴⁹ Flödet eller genomsläppligheten kan benämnas flux. Men när tillflödet av fordon ökar ytterligare eller någon annan störning tillstötter, inträffar förr eller senare en övergång till kraftigt reducerad hastighet. Om ytterligare störningar tillstötter övergår trafiken till ett tillstånd av stopp och kör (figur 2).

⁴⁴ Bertini 2006 s. 6 och Lindley 1989, här citerad efter Morán Toledo 2008 s. 9.

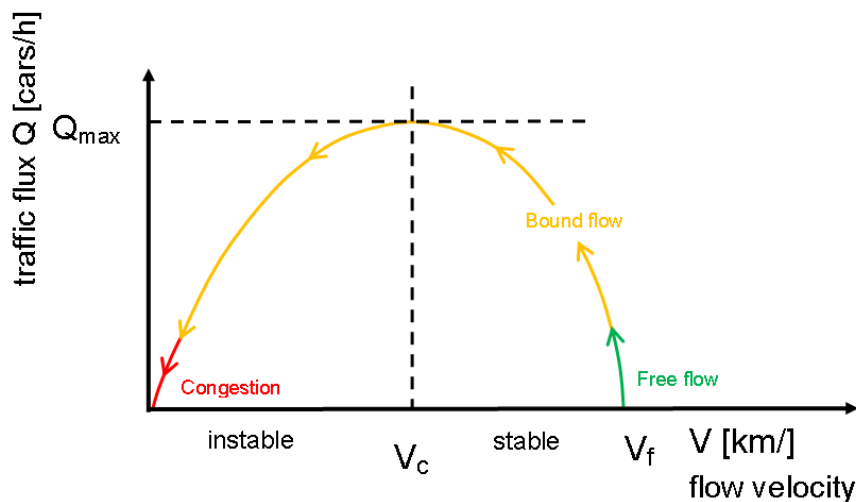
⁴⁵ Texas Transport Institute (TTI) har en lång tradition när det gäller att utforma områdesinriktad trängselmått. Institutet har också utformat ett "Planning Time Index" (PTI): den faktor man måste multiplicera restiden med vid lätt trafik, för att inte riskera att komma försent mer än i genomsnitt en gång per månad. För år 2011 var denna faktor drygt 3 som ett genomsnitt för de undersökta 498 stadsområdena. Det vill säga att för en resa som normalt tar 20 minuter behöver en timmes restid anslås Schrank, Eisele et al. 2012.

⁴⁶ Morán 2011 s. 19

⁴⁷ Cervero 1998 här citerad efter Bertini 2006 s. 14.

⁴⁸ Morán 2011 s. 16.

⁴⁹ Trafikverket 2014 s. 31.



Figur 2. Trafikflux (fordon per timme) som funktion av hastighet (kilometer i timmen).⁵⁰ Med lite trafik kan fordonen framföras ostörda av varandra och i hög hastighet (grön pil). Med ökad tillströmning sjunker hastigheten först långsamt men sedan (efter $Q_{\max}$) så mycket att allt färre fordon kommer fram (gul pil). Fortsätter tillströmningen att öka sjunker hastigheten och flux ner mot noll (röd pil).

Dessa olika kombinationer av hastighet och flöde har teoretiserats i vad som benämns trefasmodellen. Den avgörande faktorn är tätheten i trafiken, det vill säga tillströmningen av fordon. Men även en rad omständigheter som väder, trafikens sammansättning, trafikanternas körstil, tillfälliga trafikarbeten och rena slumpfaktorer spelar in. Detta innebär att det inte går att fastställa någon fix gräns för hur mycket trafik en led kan förmedla innan ett sammanbrott inträffar.⁵¹ Ju mer flödet ökar samtidigt som hastigheten börjar sjunka desto större blir risken för ett ras i hastigheterna och efter hand också ett sammanbrott (figur 2).⁵² Detta leder oundvikligen till att skattningarna av ledig kapacitet på väg innehåller osäkerheter och att denna varierar efter såväl systematiska som slumpmässiga mönster.

Den bristande enigheten om hur trängsel och stockningar i trafiken definierats och studerats har i detta sammanhang viss betydelse eftersom vi är hänvisade till att

⁵⁰ Källa: Wikipedia Fundamental diagram of traffic flow.

⁵¹ Moran understryker stadstrafikens dynamiska karaktär och den mängd samband som råder mellan olika fenomen i större städer. "Unfortunately, due to the dynamic characteristics of urban traffic and the interactions and all correlated effects that take place in the big cities efforts estimating the congestion effects have found great difficulties. Simulation models have supplied data for this analysis, but its estimations do not recognize variations during the day and data is usually insufficient for analysis for areas with severe congestion problems. Current simulations tools do not support the evaluation and selection of short-term traffic engineering & management solutions to congestion problems" Morán Toledo 2008 s. 1.

⁵² Om trefasmodellen se till exempel Kerner och Klenov 2009.

använda en invertering av dessa definitioner och mått för att komma åt det vi söker, det vill säga storleken på de lediga resurser som finns.

Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen (RUFS) 2001

Graden av överbelastning i vägnätet har ibland angivits med hur stor andel av antalet körfältskilometer där medelhastigheten under maxtimmen reduceras med olika procentsatser, som i underlaget till den regionala utvecklingsplanen i Stockholm 2001.⁵³ I nämnda rapport definieras flaskhalsar som de körfält där hastigheten reduceras med 50 procent eller mer. Andelen sådana körfält uppgick inte till mer än en procent. Mer relevant är dock hur många fordon och personer som berörs men de uppgifter som ges är inte konsistenta.⁵⁴

Flaskhalsutredningen 2008

En annan ansats innebär att den maximala kölängden identifieras genom olika observationsmetoder som flygspaning och registreringar från marken. På så sätt har trafiksituationen i Stockholm kartlagts i maj 2008, en del på året med hög trafikbelastning.⁵⁵ Resultat jämfördes med situationen säsongen 2002–2003 (då en motsvarande studie genomfördes). I innerstaden hade kösituationen förbättrats men fortfarande bestod betydande trafikstockningar.⁵⁶ Sammanlagt dokumenterades 166 flaskhalsar varav 38 stycken var av allvarligare karaktär.⁵⁷

Denna typ av kartläggningar genomförs inte längre. Ny teknik gör det numera möjligt att följa kösituationen i realtid genom tjänster som Trafiken.nu baserad på sensorer placerade längs vägarna och Google maps och Waze som loggar trafikanternas mobiltelefoner under färd. Dessa informationer levereras momentant och är inte utan vidare tillgängliga för djupare analyser. Som det nu är redovisat till exempel Google den typiska trängselsituationen för veckodagar och halvtimmesintervaller. Uppgifter om specifika dagar och klockslag går inte att ladda ner. Ett datasett med dessa uppgifter skulle, i kombination med andra informationskällor, erbjuda goda möjligheter till fördjupade analyser av trafiksituationens förändringar och bestämningsfaktorer.

⁵³ Regionplane- och trafikkontoret 2001 s. 21.

⁵⁴ Enligt nämnda skrift passerar 237 000 fordon flaskhalsar under maxtimmen (s. 23). En och samma bil kan naturligtvis fastna i flera köbildningar och kanske till och med samma flera gånger. Men när, enligt samma källa, det under maxtimmen endast företogs 175 000 bilresor med start och/eller målpunkt i länet (166 000 + 9 000, Regionplane- och trafikkontoret 2001 s. 9) blir det svårt få ekvationen att gå ihop.

⁵⁵ Kronborg och Davidsson 2008.

⁵⁶ Kronborg och Davidsson 2008 s. 10.

⁵⁷ Kronborg och Davidsson 2008 s. 16.

Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen (RUFS) 2010

Inför den regionala utvecklingsplanen 2010 gjordes nya undersökningar med ett upplägg liknande det som användes inför föregående plan.⁵⁸ Det nuläge som beskrivs och används som ingångsvärde i analyserna avsåg mitten av 00-talet.

Under de två timmar som har den högsta trafikbelastningen (kl. 7–8 och 16–17) är hela 97 procent av körfälten på de större vägarna, huvudvägnätet, i regionen befriade från betydande och varaktiga köbildning. I ytterligare 1,8 procent är trafikstockningen relativt begränsad med medelhastigheten som mest reducerad med upp till hälften. I endast 0,4 procent av körfälten råder en dramatisk trängselsituation med en reduktion av medelhastigheten under maxtimmen till mindre än 35 procent av den skyltade hastigheten.⁵⁹ Att dessa körfält är de där efterfrågan är som störst i relation till kapaciteten säger sig självt (annars skulle inte flödes hastigheten reduceras) vilket också visar sig i att 1,6 procent av de fordonskilometer som tillryggaläggs under denna timme sker på dessa 0,4 procenten av körfälten (tabell 5). Samtidigt uppges hela 76 procent av alla bilresor under de två maxtimmarna passera minst en flaskhals under maxtimmen eller (275 000*0,76) 209 000 resor (tabell 6).

Tabell 5: Antal körfältskilometer (med genomsnittlig hastighetsreduktion) och fordonskilometer (på länkar definierade på angivet sätt), totalt och med hastighetsreduktion under maxtimmen. Länkhastighet i procent av friflödes hastighet.⁶⁰

		Reducerad hastighet i % av friflödesfart				Friflöde
	Totalt	–35	35–50	50–85	Summa	
Körfältskilometer	8 639	38	50	155	243	8 396
Andel i %	100	0,4	0,6	1,8	2,8	97,2
Fordonskilometer 1 000-tal	2 205	38	78	214	330	1 975
Andel i %	100	1,6	3,4	93,3	14,3	85,7
Fordonkm./körfältkm.	267	1 000	1 560	1 381	1 358	235
Fordon per km. per minut	4	17	26	23	23	4

⁵⁸ Inte heller i detta fall är de redovisade uppgifterna internt konsistenta. De har dock här justerats efter kontakt med WSP Group som var den konsult som utförde arbetet. Mail och telefon med Peter Almström, slutet av september 2014. Det bör även nämnas att uppgifterna är osäkra också efter dessa rättelser eftersom de bara indirekt bygger på empiriska observationer. Resultat, även för "Nuläget", genererats med hjälp av modeller. Vilken relation dessa värden har till de faktiska omständigheter de utger sig för att mäta är svårt att bedöma.

⁵⁹ Enligt definitionen av flaskhalsar Almström, Andersson et al. 2009 s. 36.

⁶⁰ Källa: Almström, Andersson et al. 2009 tabell 9 och 11.

Jämfört med den ovan refererade studien inför RUF 2001 har köerna inte ökat. Körfält med medelhastigheten reducerad med 50 procent eller mer utgör även denna gång en procent. Fem procent av de tillryggalagda fordonskilometrarna under maxtimmen utfördes på dessa fält.

Om vi, något orealistiskt, bara ser till trafikstockningarna under maxtimmarna är det 13 procent av alla bilresor under ett vardagsdygn i Stockholmsregionen som någon gång under färd framförs på körfält där medelhastigheten reducerats med 50 procent eller mer. Hur stor del av färden som sker under dessa förhållanden framgår inte, men den genomsnittliga förseningen anges uppgå till 6 minuter per resa under maxtimmen och 50 timmar per år fördelat på alla bilister.

Tabell 6: Trafikmängd, framkomlighet och tillgänglighet maxtimmen.⁶¹

Andel bilresor berörda av flaskhals %	76
Tidsförlust per trafikant och år i timmar	50
Tidsförlust per resa i timmar	0,1
Tidsvärde per timme i kronor	80
Förlust per trafikant och år i kronor	4 000
Total förlust per år i miljarder kronor	1,1
Antal resor under två maxtimmar	275 000
Antal resor (turer, dvs. fram- och återresa) med bil per dygn	807 000
Bilresornas längd i genomsnitt i kilometer	21
Andel bilresor kortare än 5 kilometer i %	33
Andel bilresor kortare än 10 kilometer i %	50

Under den hårdast belastade timmen i Stockholmstrafiken var en procent av alla körfält på huvudvägnätet drabbade av svåra trafikstockningar. Dessa är koncentrerad till Södra länken–Essingeleden–Norra länken; alla infartsleder (utom från Lidingö); innerstaden och då särskilt de nord-sydliga förbindelserna samt Solna–Bromma–Kista. Essingeleden framstår som den mest känsliga med 160 000 passager per vardagsdygn i genomsnitt över året. Längs nord-sydaxeln är andelen genomfartstrafik relativt låg och flertalet trafikanter har mål eller startpunkter i innerstaden. Matningen söderifrån till Söderledstunnelns två körfält är rejält överbelastad under morgonen och långa köer uppträder på Nynäsvägen och mot Gullmarsplan. Vägen är fyrfältig nästan hela sträckan, men med sex filer närmast innerstaden – dock inte mellan Farsta och Globen, vilket ger upphov till långa köer

⁶¹ Almström, Andersson et al. 2009.

särskilt på förmiddagen.⁶² Den bristande punktligheten eller restidsosäkerheten i vägtrafiken hänger starkt samman med trängsel. Rusningsperioden i Stockholm har blivit längre under ett antal år och en kraftig trafiktillväxt förutspås.⁶³

Ett exempel: ledig kapacitet på Essingeleden

Genomgången ovan visar att den övervägande delen av vägnätet är fritt från svårare köbildning även i rusningstrafiken, samtidigt som de körfält där hasigheten reduceras på grund av trängsel bara är drabbade under delar av dygnet. Vissa veckodagar och årstider uteblir köbildningen helt. Vilken ledig kapacitet finns då på en av de mest trängseldrabbade vägavsnitten i landet: Essingeleden från Nyboda till Fredhäll?

Leden och dess trafik

I riktning norrut mäter sträckan Bredäng–Nyboda 3,9 km där Södra länken ansluter. Norr därom följer den 4,2 kilometer långa delsträckan fram till Fredhäll som sedan november 2002 har fyra körfält i vardera riktningen. Över Gröndalsbron med tio körfält har det högsta trafikflöde som uppmäts i Sverige registrerats eller 170 000 per dygn.⁶⁴ Sträckan Fredhäll–Eugenia vid Norrtull mäter 4,0 km. Köerna på Essingeleden ökade när södra länken öppnades hösten 2004, särskilt mot norr med 6 till 8 procents trafikökning under morgonens toppbelastning.⁶⁵ Under mellan 30 och 40 dagar per år är trängseln så stor att köer från Essingeleden sprids till Södra länken.⁶⁶ Efter fyra år blev inverkan av denna länk märkbar på valen av arbetsplatser och bostäder. Årsmedeltal under vardagsdygn har uppmäts till 160 000 fordon över Gröndalsbron.⁶⁷ Trafikverket konstaterar att Södra länken och Essingeleden närmar sig kapacitetstaket vilket innebär att trafiksystemet är mycket känsligt för störningar.⁶⁸

Flera undersökningar av trafiken på Essingeleden har genomförts, bland annat i samband med Södra länkens öppnande och införandet av installationen av MCS (Motorway Control System) som visar rekommenderade hastigheter för olika filer med ledning av trafiksituationen nedströms, i syfte att dämpa köbildningen. Även i samband med trängselskatteförsöket gjordes omfattande studier. Flertalet av dessa studier bygger på data från punktmätningar utefter leden. Att omvandla dessa till restider medför vissa osäkerheter, vilket bör hållas i minnet när resultaten tolkas.

Så kallade floating car-studier, som inte är behäftade med ovan nämnda osäkerhet, genomfördes åren 1998–2004. Fram till oktober 2004 fanns också mätning av

⁶² Sverige. Trafikverket 2012a s. 54–56.

⁶³ Sverige. Trafikverket 2012a s. 41–43.

⁶⁴ Johansson 2008 s. 7.

⁶⁵ Carlsson och Yahya 2005 s. 35.

⁶⁶ Trafikverket 2012a s. 54.

⁶⁷ Kronborg och Davidsson 2008 s. 12, 13.

⁶⁸ Trafikverket 2012a s. 59.

hastighet, flöde och fordonstyp vid fyra olika snitt på Essingeleden. Dessa ersattes med radardetektorer inom MCS-systemet på ett stort antal platser utefter leden. Dessa ger inga uppgifter om fordonssammansättningen. De senaste uppgifterna från 2004 pekar på ett inslag av omkring åtta procent tunga fordon under trängselperioden.⁶⁹ Fordonssammansättningen har betydelse eftersom tunga fordon orsakar mer trängsel. De tar mer vägutrymme i anspråk än en personbil och har sämre acceleration. En lastbil utan släp svarar utrymmesmässig mot 1,8 personbilar och en med släp mot 2,4 personbilar.⁷⁰

Uppgifter samlas inte längre in om trafikens sammansättning på Essingeleden av olika fordonsslag som personbilar och lastbilar med eller utan släp. Inte heller är start- och målpunkterna hos fordonen som framförs på leden kända, och inte heller resornas och transporternas ändamål.⁷¹ Förbättringar i trängselsituationen på Essingeleden har tillskrivits införandet av MCS-systemet.⁷² Noggranna undersökningar har emellertid inte lyckats visa några klara effekter på empirisk väg, möjligtvis beroende på bristfälliga data. Samtidigt tyder modellstudier, föga överraskande, på att positiva effekter är starkt beroende av graden av följsamhet hos trafikanterna i förhållande till rekommenderade hastigheter.⁷³

Vid en mätning vid Lilla Essingen i riktning mot norr, det vill säga nedströms i förhållande till de mätningar som presenteras nedan, gjordes flödesmätningar vid två tillfällen under 2004, före och efter öppnandet av Södra Länken (tabell 7). Ökningen mellan de två tillfällena uppgår till 6,8 procent.

Trots tydliga sammanbrott i trafiken i december 2004 (figur 3) låg flödet per timme på en hög nivå (tabell 7). Hur stor genomströmningen hade varit om detta kunnat undvikas går inte att uppskatta med hjälp av tillgängliga uppgifter.

I samband med trängselskatteförsöket i Stockholm under 2006 genomfördes noggranna mätningar av trafiken både före och efter införandet. I utvärderingen av försöket som presenterades i juni 2006 konstaterades sammanfattningsvis bland annat att "[t]rafiken på Essingeleden är i stort sett oförändrad. Däremot har den ökat kraftigt i Södra Länken – trängselskatten bör ha bidragit till detta, men det mesta pekar på att större delen av ökningen fortfarande är en effekt av ledens öppnande."⁷⁴ Under förmiddagsrusningen en genomsnittlig dag under våren 2005 och våren 2006 passerades Gröndal av omkring 12 000 fordon per timme räknat i båda riktningarna.⁷⁵ Den uppmätta restiden blev något längre. Restidsförlängningen ökade från 184 till 208 procent mellan åren 2005 och 2006 på sträckan Nyboda till

⁶⁹ Carlsson och Yahya 2005 s. 49. Johansson 2008 anger 7–8 procent tunga fordon, dock utan att ange från vilken tid uppgiften är hämtad.

⁷⁰ Källa: Beräkningar gjorda inom ramen för Metkapprojektet, slutrapport ännu ej framtagen. Trafikverket 2013 s. 61.

⁷¹ Vägverket 1999. Mail från Trafikverket i oktober bekräftar att så fortfarande är fallet.

⁷² Carlsson och Yahya 2005 s. 8.

⁷³ Nissan 2010.

⁷⁴ Trafikkontoret, Stockholm stad 2006 s. 3.

⁷⁵ Trafikkontoret, Stockholm stad 2006 s. 30.

Gröndal.⁷⁶ Trots att Essingeleden var avgiftsbefriad, vilket andra förbindelser mellan norr och söder i Stockholmsregionen inte var, ökade trafiken på leden inte alls eller bara marginellt (figur 4).

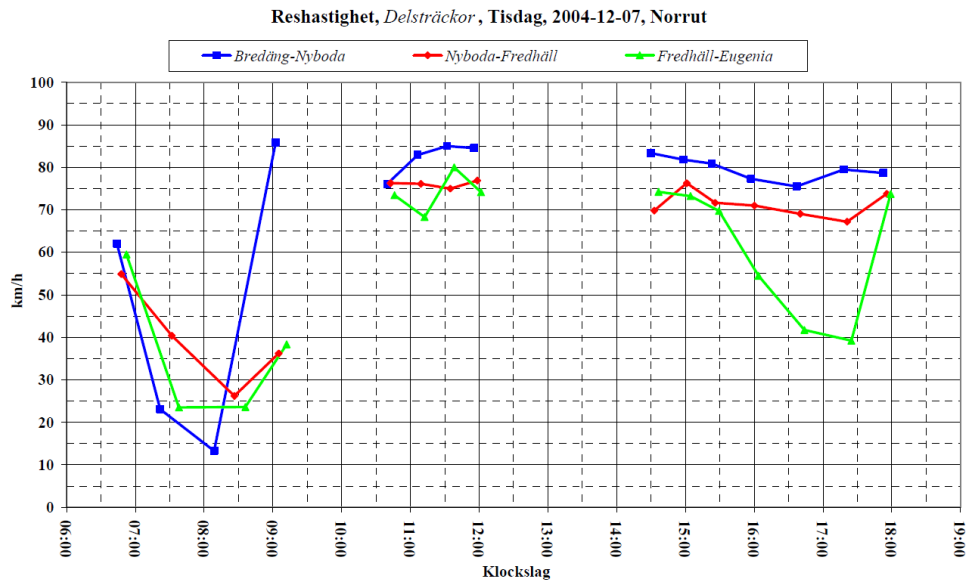
Tabell 7: Uppmätta timflöden (fordon per timme) vid Lilla Essingen fyra filer mot norr, medelvärde för två dagar 2004.⁷⁷

	Tid	Timflöde f/h
Juni 2004	6–7	5 090
	7–8	7 005
	8–9	5 905
	9–10	4 905
December 2004	6–7	5 470
	7–8	6 935
	8–9	6 395
	9–10	4 835

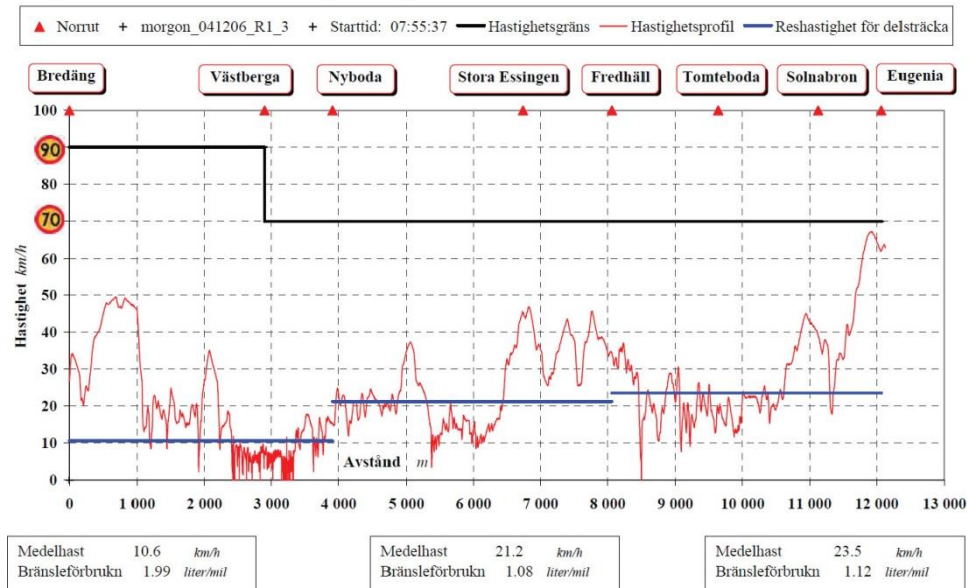
⁷⁶ Trafikkontoret, Stockholm stad 2006 s. 64.

⁷⁷ Källa: Carlsson och Yahya 2005 s. 33.

Reshastighet per rutt för tre delsträckor i riktning norrut som funktion av starttid under dagen. Mätomgång december 2004.

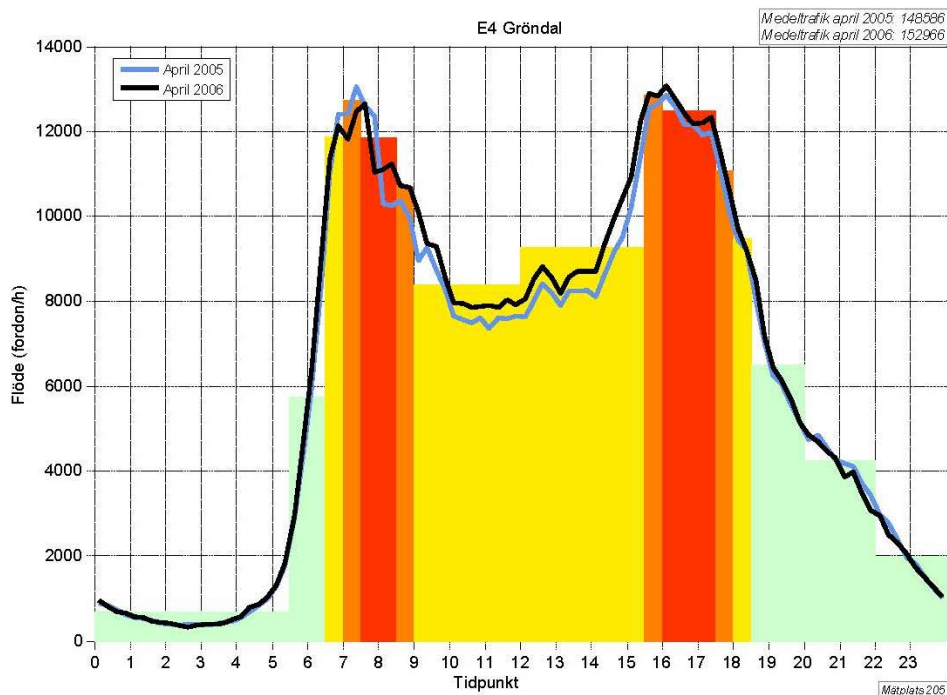


Uppmätta körförlopp (hastighetsprofil) i riktning norrut, ett vardera från juni och december 2004 på morgonen.



Figur 3: diagram över hastigheter över tid i rusning två dagar i december 2004. Efter ökningen av antalet körfält till 4+4 på delar av leden och efter Södra länkens öppnande, men före Trängselskatteförsöket.⁷⁸

⁷⁸ Källa: Carlsson och Yahya 2005, bilaga 2, s 3 och bilaga 3 s. 1.



Figur 4: Trafiken in och ut ur innerstaden en genomsnittlig dag våren 2005 jämfört med våren 2006. De gröna ytorna under kurvan redovisar de avgiftsfria timmarna. De gula, orange respektive röda ytorna redovisar då trängselskatt tas ut med motsvarande 10, 15 respektive 20 kronor per passage över avgiftssnittet.⁷⁹

För att hålla uppsikt över trafikträngselns utveckling registrerar Vägverket/Trafikverket fortlöpande trafiken längs några leder i landets tre storstäder. Detta i ett försök att mäta måluppfyllelsen av kravet i regleringsbrevet om att restiderna i storstäderna ska minska. Här redovisas resultaten för Stockholm (figur 5).

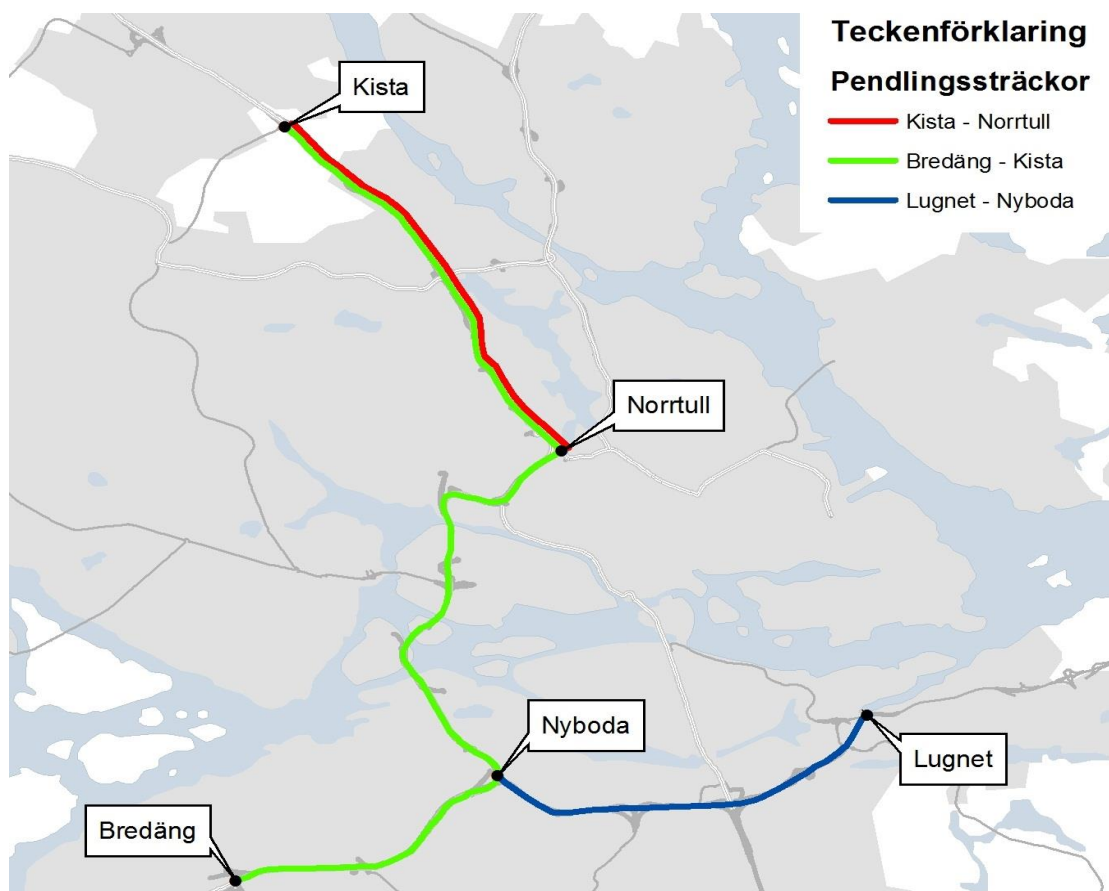
Genomsnittshastigheterna under hösten 2010/våren 2011 är ungefär de samma som tre år tidigare. Under mellanperioden var hastigheterna högre. Ännu oidentifierade mätfel har upptäckts varför uppgifterna för år 2012 inte används. Om fel även är vidhäftade tidigare mätningar är inte bekant. Att hastigheterna under juni månad med en lägre trafikbelastning överstiger skyltad hastighet (figur 6) stämmer väl överens med andra uppgifter. Den aktuella sträckan är skyltad till 70 kilometer i timmen medan frilödes hastigheten varierar mellan 80 och 90 kilometer i timmen.⁸⁰

Enligt en rapport från 2011 har trafiken på Essingeleden vid Lilla Essingen, som årsmedelvärde, varit relativt konstant sedan 2008 eller omkring 130 000 fordon per medeldygn.⁸¹

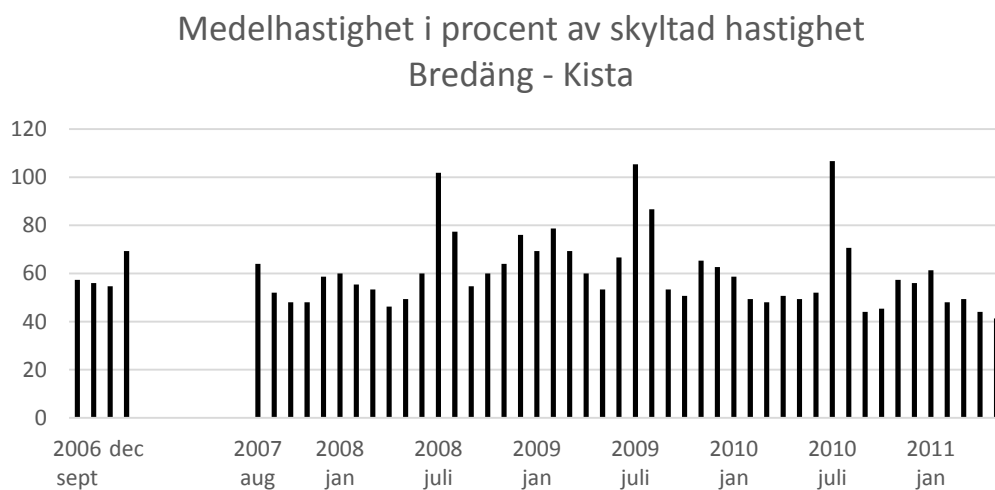
⁷⁹ Trafikkontoret, Stockholm stad 2006 s. 8.

⁸⁰ Johansson 2008 s. 7. Jämför också figur 9.

⁸¹ Johansson, Norman et al. 2011 s. 5.



Figur 5: Karta över mätta sträckor ingående i trängselindexet.⁸²



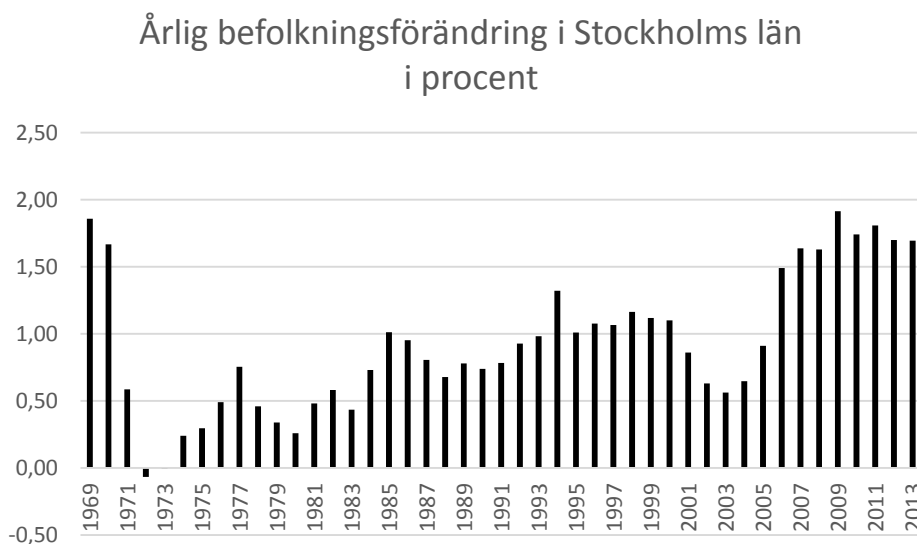
Figur 6: trängselindex ti-to 7.00–9.00.⁸³

Med den snabba befolkningsökning i Stockholmsregionen som pågått sedan år 2006, i procent i nivå med det sena 1960-talets expansionsperiod, är det överraskande att

⁸² Källa: Trafikverket.

⁸³ Data från Trafikverket.

trafikproblemen inte förvärrats på ett långt mer dramatiskt sätt än som skett (figur 7). Att så inte varit fallet gör det rimligt att även luta sig mot de äldre studier som redovisats ovan. Av allt att döma har inte trafiken ökat på något påtagligt sätt på Essingeleden och i vart fall inte i proportion till den snabba befolkningsökningen.



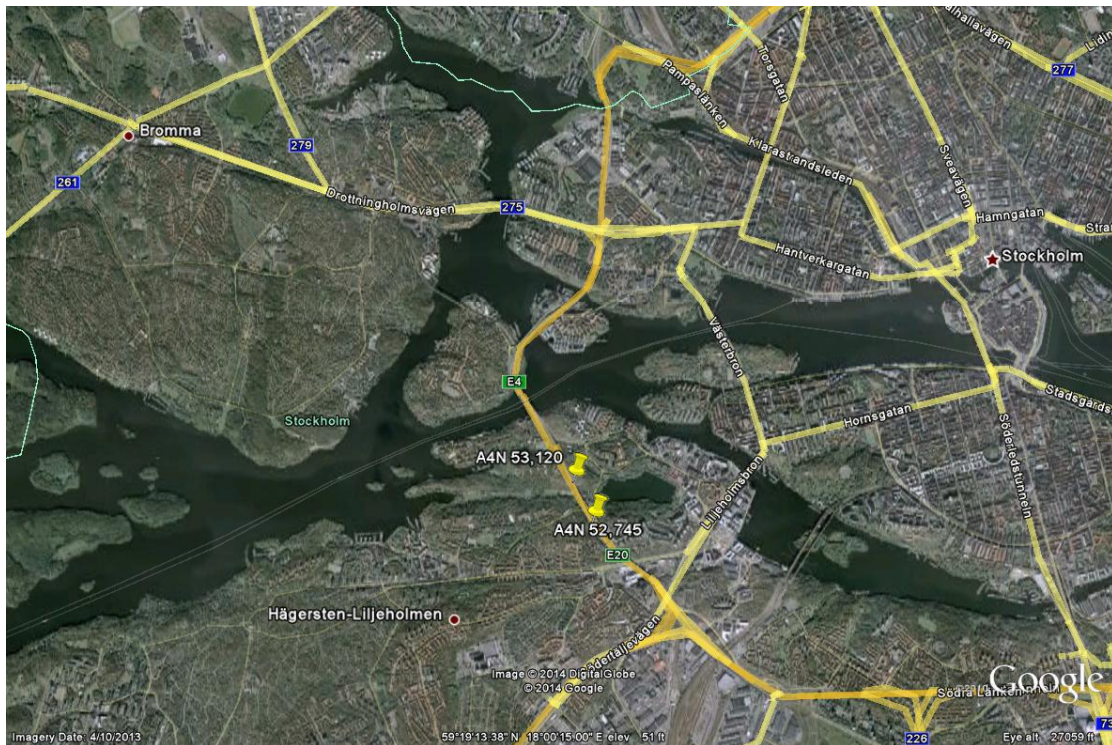
Figur 7: Årlig befolkningsförändring i Stockholms län 1969–2013.⁸⁴

Ledig kapacitet

Trafiken är tämligen ojämnt fördelad över dygnet. Under större delen av ett vardagsdygn kan trafiken rulla fritt, i skyltad hastighet (eller däröver) och utan att hindras av fordonsträngsel. Hur lång tid detta tillstånd varar beror i hög grad på om det inträffar ett eller två sammanbrott i trafiken per dag. Hur mycket mer trafik skulle kunna flöda under de trängselfria perioderna?

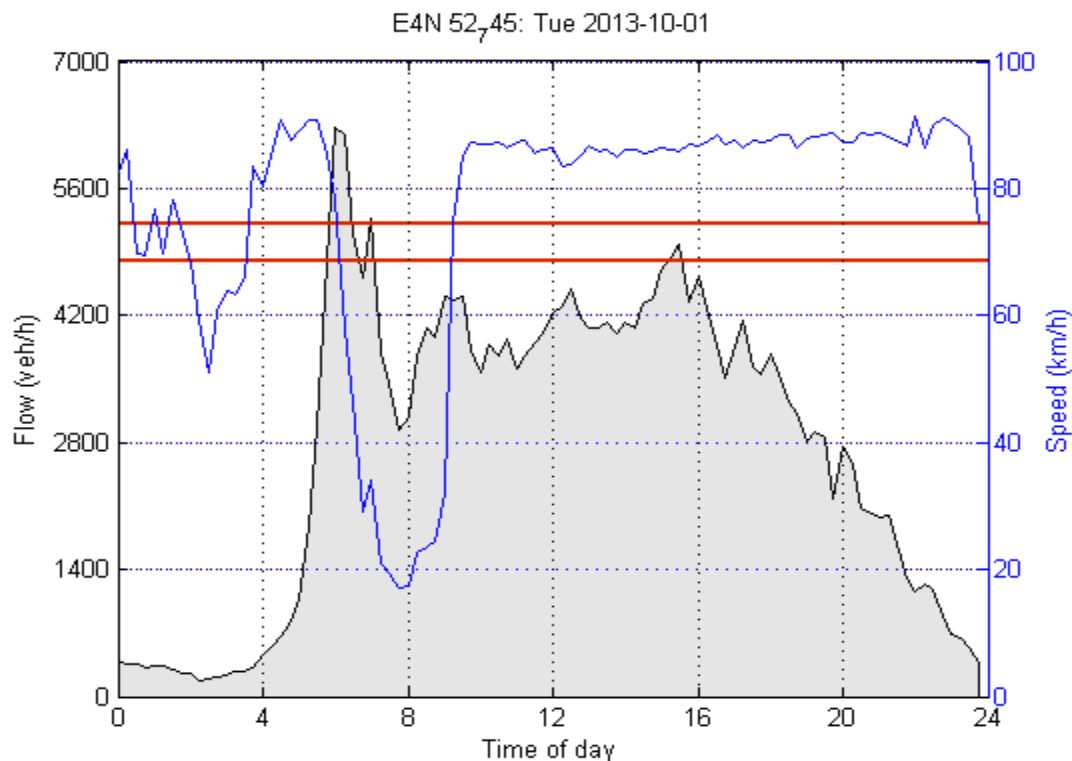
Trafiksituationen på Essingeleden i riktning norrut exemplifieras genom mätningar vid två näraliggande detektorer på var sin sida av Blomensbergsbron. Detta arbete har gjorts av Erik Jenelius och Abraham Rondon vid KTH. Detektorernas placeringar visas i kartorna nedan (figur 8). Data har hämtats under två veckor i början av oktober 2013 med bortfall för fem dagar. Flöden och hastigheter rapporteras per minut och körfält och har här aggregerats till 10- eller 15-minutsintervall över alla körfält. Två av dagarna, den 1 och 2 oktober, används nedan för att illustrera den lediga kapacitetens storlek.

⁸⁴ Källa: SCB och egna beräkningar.



Figur 8: Flygfoto av Essingeledens Blomensbergsbro med två använda detektorer markerade.⁸⁵

⁸⁵ Källor: Google Earth och Trafikverket (för detektorerna).



Figur 9: Trafikflödet norr ut på Essingeleden den 1 oktober 2013 vid den sydligaste, uppströms, av de två här använda detektorerna. I figuren har flödena 4 800 fordon/h och 5 200 fordon/h markerats som alternativ för icke sammanbrottsframkallande flöden. De oregelbundna hastigheterna nattetid beror sannolikt på för få observationer.⁸⁶

Under hela dagen passerar 65 900 fordon. Hastigheten börjar sjunka kl. 5:50 och återhämtar sig kl. 9:20 (figur 9).

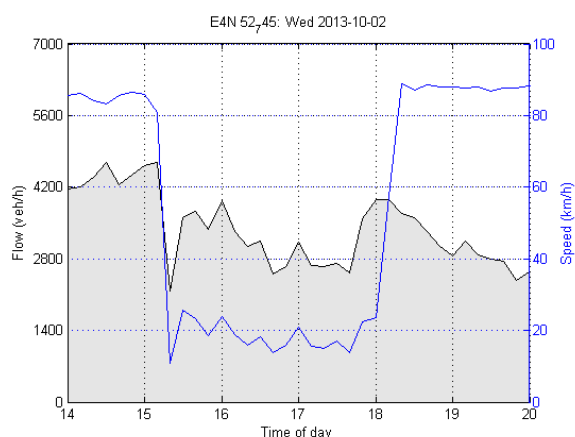
Den lediga kapaciteten under trängselfri tid den undersökta dagen (0:00–5:50 och 9:20–24:00) uppgår till ungefär 50 000 fordon. Totalt passerade 65 900 fordon under hela det aktuella dygnet.⁸⁷

Vissa vardagar inträffar två sammanbrott, ett också under eftermiddagsrusningen. Detta inträffade den 2 oktober 2013 (figur 10). Flödet vid sammanbrottet på eftermiddagen är betydligt lägre än vid motsvarande händelse i morgonrusningen. Kan detta bero på köbildning nedströms från den undersökta detektorn? En jämförelse mellan de två detektorerna visar inte någon tidsmässig förskjutning. Det är därför möjligt att sammanbrottet orsakas av kö ännu längre nedströms. Det lägre flödet vid sammanbrotten talar för det. En undersökning vid flera detektorer upp- och nedströms skulle kunna ge svar på frågan.

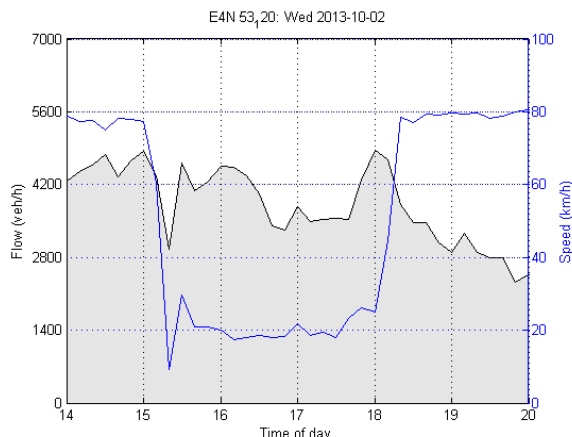
⁸⁶ Figur av Erik Jenelius och Abraham Rondon, KTH.

⁸⁷ Under antagandet att 5 200 fordon per timme (1 300 per körfil) inte leder till allvarlig köbildning eller sammanbrott skulle ytterligare 26 700 fordon kunna framföras mellan klockan 0:00 och 5:50 och 27 700 mellan klockan 9:20 och 24:00. Det vill säga sammanlagt 54 400. För 4 800 fordon per timme (1 200 per körfil) blir motsvarande siffror 24 370 respektive 22 060 fordon, vilket sammanlagt blir 50 430.

Detektor 1 (uppströms)



Detektor 2 (nedströms)



Figur 10: Flöden och hastigheter vid de två detektorerna under eftermiddagen den 2 oktober 2013. Figurer av Erik Jenelius och Abraham Rondon.

Fordon

Både på trängselfria och igenkorkade gator och vägar finns en stor ledig transportkapacitet i de fordon som är i rörelse eller står stilla i kö. Beläggningen av personplatser och utrymmet för gods är, genomsnittligt sett, mycket låg. Om denna faktor kan höjas ökar transportkapaciteten utan att tillkommande investeringar i infrastruktur och fordonspark behöver företas.

Ändrad beläggningsgrad i bilar

Samåkning har en lång tradition med stor potential att öka effektiviteten i transportapparaten, att minska såväl trängsel som negativ miljöpåverkan. Tendensen har under många år varit vikande. I USA har flera epoker i samåkningens historia identifierats, bland annat under andra världskriget och under oljeprischockerna på 1970-talet. Samåkningsandelen sjönk från 20,4 procent 1970 till 10,7 år 2008.⁸⁸ Ändå intar samåkning position två när det gäller sätt att pendla till arbetet med en större andel än alla andra metoder tillsammans, ensam resa i bil undantagen.⁸⁹ På senare tid har en viss nedgång i ensampendlandet kunnat registreras samtidigt som samåkning visar en modest uppgång.⁹⁰ Uppoffringar i tid och pengar (driftkostnader för bilpendling) spelar in för valet av pendlingssätt, men också önskan att vara social, vilket ökar benägenheten att samåka.⁹¹ Samtidigt verkar den ökade bränsleeffektiviteten i bilparken i motsatt riktning på grund av de minskade driftkostnaderna som blir följden.⁹²

⁸⁸ Chan och Shaheen 2012 s. 1.

⁸⁹ Benkler 2004 s. 281.

⁹⁰ DeLoach och Tiemann 2012 s. 535.

⁹¹ DeLoach och Tiemann 2012 s. 535.

⁹² DeLoach och Tiemann 2012 s. 536.

Utvecklingen av nya principer för samåkning, så kallad dynamisk eller realtidssamåkning har förenklat detta sätt att resa och underlättat matchningsproceduren och en rad initiativ har på senare tid tagits för att främja detta sätt att resa.⁹³ För att få ordentlig spridning behövs att en kritisk massa uppnås, så att chansen finna lämpliga kombinationer av förare och samåkande passagerare når en acceptabel nivå. Det finns flera utmaningar att övervinna innan detta kan ske. I en genomgång listas inte mindre än 13 utmaningar av skilda slag: ekonomiska, sociala/beteendemässiga, institutionella och tekniska.⁹⁴ Den största utmaningen står utan tvivel personbilen för, som erbjuder den ensamma föraren omedelbar tillgång till ett transportmedel från dörr till dörr.⁹⁵ Det är denna egenskap som den dynamiska samåkningen försöker efterlikna. Ekonomiska incitament är en faktor som sannolikt kan bidra till en ökning av samåkandet och för att nå en kritisk massa har det föreslagits att företag eller myndigheter subventionerar verksamheten under en uppbyggnadsfas.⁹⁶ Över två miljoner personer i USA deltar varje dag i vad som har kallats park-n-pool. Man träffas på en överenskommen parkeringsplats och reser tillsammans till en likaledes avtalad destination.⁹⁷ Att sörja för att dylika platser finns att tillgå skulle kunna vara ett sätt att stödja samåkningen med lämplig infrastruktur. Fördelarna med en taxibaserad samåkningstjänst har också undersökts.⁹⁸ En kombination mellan en sådan tjänst och en "ordinär" samåkningsordning skulle också kunna bidra till att den nödvändiga kritiska massan av potentiella förare och passagerare uppnås.

Personbilar i Stockholmsregionen som framfördes vardagar mellan klockan 6 och 9 på väg till (eller från) arbete eller skola hade en belägningsgrad om 1,2 personer.⁹⁹ Enligt ett räkneexempel ämnat att illustrera den lediga kapacitetens storlek och inte en önskvärd metod att lösa rusningstrafikens problem, skulle alla resenärer i den stockholmska kollektivtrafiken under maxtimmen lätt kunna beredas plats i de bilar som rullar på vägarna under samma tid.¹⁰⁰ För att uppnå detta skulle beläggningen bara behöva öka med omkring 1,4 resande per bil. Utvecklingen har emellertid gått åt motsatt håll med en minskning av beläggningen i bilar med 6 procent åren 1997 till och med 2010.¹⁰¹

Ett sätt att försöka stimulera en ökad beläggning hos bilar har varit att inrätta särskilda så kallade High Occupancy Vehicles, filer på vilka bara bilar med ett visst minsta antal resenärer får köras. Metoden har använts flitigt i USA men mer sällan i

⁹³ För en översikt och framtidsutsikter för samåkning se Handke och Jonuschat 2013.

⁹⁴ Amey, Attanucci et al. 2011.

⁹⁵ Agatz, Erera et al. 2012 s. 295.

⁹⁶ Agatz, Erera et al. 2012 s. 302.

⁹⁷ DeLoach och Tiemann 2012 s. 535.

⁹⁸ Ma, Zheng et al. 2013.

⁹⁹ Trafikanalys 2014a, data för Stockholms län åren 2011 – 2013, särskild bearbetning.

¹⁰⁰ Lundin och Gullberg 2011 s. 92. Observera att respektive trafikantgrupps fördelning på start- och målpunkter inte beaktats i räkneexemplet.

¹⁰¹ Trafikverket 2012a s. 8.

Europa.¹⁰² Företeelsen diskuteras vidare under avsnittet Ändrad fördelning av vägutrymmet nedan.

I en nyligen gjord översikt över den dynamiska samåkningens möjligheter och analys av de optimeringsproblem den konfronteras med konstateras att dessa system har en betydande potential när det gäller samhällelig och miljömässig nytta genom att minska antalet bilar. Författarna skriver till och med om samåkning som en spännande och framväxande form av kollektivtrafik.

Med en ökning av beläggningen i personbilar genom rekrytering av tidigare bilister under rusningstid från nuvarande 1,2 till 1,4 (det vill säga med 17 procent) minskar trafiken med omkring 7 procent (under antagandet att personbilstrafikens andel är 70 procent), vilket skulle leda till minskad risk för sammanbrott och i många fall en kraftigt lättad kösituation. Med lämpliga stimulanser och infrastrukturellt stöd är naturligtvis potentialen påtagligt mycket större.

Ändrad beläggningsgrad i bussar

Trots att turtätheten i busstrafiken är anpassad till efterfrågan är trafikanttrycket på vissa busslinjer mycket stort under rusningstid. Några observationer från buss 4 under morgonrusningen bekräftar detta. Samtidigt varierar passagerarantalet mellan turerna, även under maxtimmen, troligen beroende på förseningar och så kallad bunching eller kolonnkörning. En försenad buss får fler passagerare att ta upp varigenom ytterligare förseningar skapas och efterkommande bussar betjänar färre passagerare och kan så småningom komma ikapp. Antalet passagerare varierar också starkt mellan olika delsträckor samtidigt som hastigheten genomgående är låg, motsvarande maklig cykelfart (figur 15). På andra busslinjer är resenärstrycket måttligt även under högtrafik. Det gäller till exempel buss 812 från Tyresö C till Centralen (figur 12) och buss 152 från Liljeholmen till Bromma flygplats (figur 14). Båda dessa linjer går via hårt belastade vägar – Nynäsvägen och Essingeleden, i det förra fallet delvis och i det andra helt utan reserverade körfält – och blir därför kraftigt försenade enligt ett mönster som verkar svårt att förutse, vilket sannolikt påverkar deras attraktivitet. På den del av Essingeleden som buss 152 trafikerar, sammanlagt 5,3 kilometer, varierar uppmätt körtid mellan 6 och 24 minuter (figur 14).¹⁰³ För bilister som färdas längs hela leden har en bufferttid om 20 till 30 minuter angivits som lämplig med tanke på variationer i köbildningen.¹⁰⁴

På en innerstadsbuss som 4:an kan utvidgade busskörfält, jämna tidsavstånd mellan bussarna, trimmade trafiksignaler och snabbare påstigning utjämna antalet passagerare mellan de olika turerna och på så sätt sannolikt öka kapaciteten något. En försöksverksamhet med denna inriktning har bedrivits under tiden 17 mars till 19 juni 2014 då bland annat cirka 3 kilometer nya busskörfält tillkommit och ett antal

¹⁰² Fontes, Fernandes et al. 2014 s. 94.

¹⁰³ Uppgifter hämtade från landstingets databas RUST.

¹⁰⁴ Johansson 2008 s. 8.

busshållplatser dragits in. Restiden mellan ändhållplatserna minskade med tio procent eller mer. För en normalresa förkortades restiden med ungefär två minuter samtidigt som passagerarna fördelade sig jämnare mellan de olika turerna med minskad trängsel som följd.¹⁰⁵ Efter försöket har vissa förändringar bibehållits, bland annat de förlängda bussfälten.

Tabell 8: Passagerarkapacitet i buss.¹⁰⁶

Trafikslag	Sittplatser	Praktisk kap	Ny Praktisk	Medelh	Avst hållp
Stombuss	45–55	65–70	60–65	20–25	800–1000

Det är uppenbart att det finns stor ledig kapacitet i busstrafiken såväl under hög- som lågtrafik. Hur stor denna är och dess fördelning i tid och rum kan vidare studier med hjälp av databasen RUST ge klara besked om.

Ändrad belägningsgrad nyttotrafiken

En stor fordonsflotta, utöver buss- och personbilstrafik, rör sig ständigt i stadens gatu- och vägnät. Det gäller distribution av varor enligt återkommande rutter, varubilar och budbilar med varierande destinationer, tunga transporter av byggnadsmaterial och fyllnadsmassor, hantverksbilar på väg till och från olika uppdrag, den särskilda kollektivtrafikens (färdtjänst, skolskjutsar och sjukresor) fordon och taxi. Också i dessa fordon finns en stor ledig kapacitet i form av såväl lediga passagerarplatser som ledigt utrymme för gods. Ett ökat inslag av samåkning och samtransportering i denna stora fordonsflotta och även i taxi är en stor resurs som skulle kunna tas i anspråk utan stora förändringar. Redan en marginell ökning har förutsättningar att ge stora effekter i form av minskad trängsel, särskilt under trafikens maxtimmar.

Hur stor denna potential är har inte undersökts. Analyser av Resvaneundersökningens uppgifter om yrkeschaufförers resor skulle kunna ge en viss belysning av passagerarpotentialen inom nyttotrafiken.

Potentiellt ledig kapacitet på väg

Med vissa inte alltför genomgripande förändringar i vägsystemet och dess användning kan ytterligare kapacitet frigöras. Det handlar om att minska sammanbrotten i den fritt flödande trafiken varigenom genomströmningen på dessa

¹⁰⁵ Trafikkontoret, Stockholm stad (u.å.) Buss 4. Se också Cats 2013.

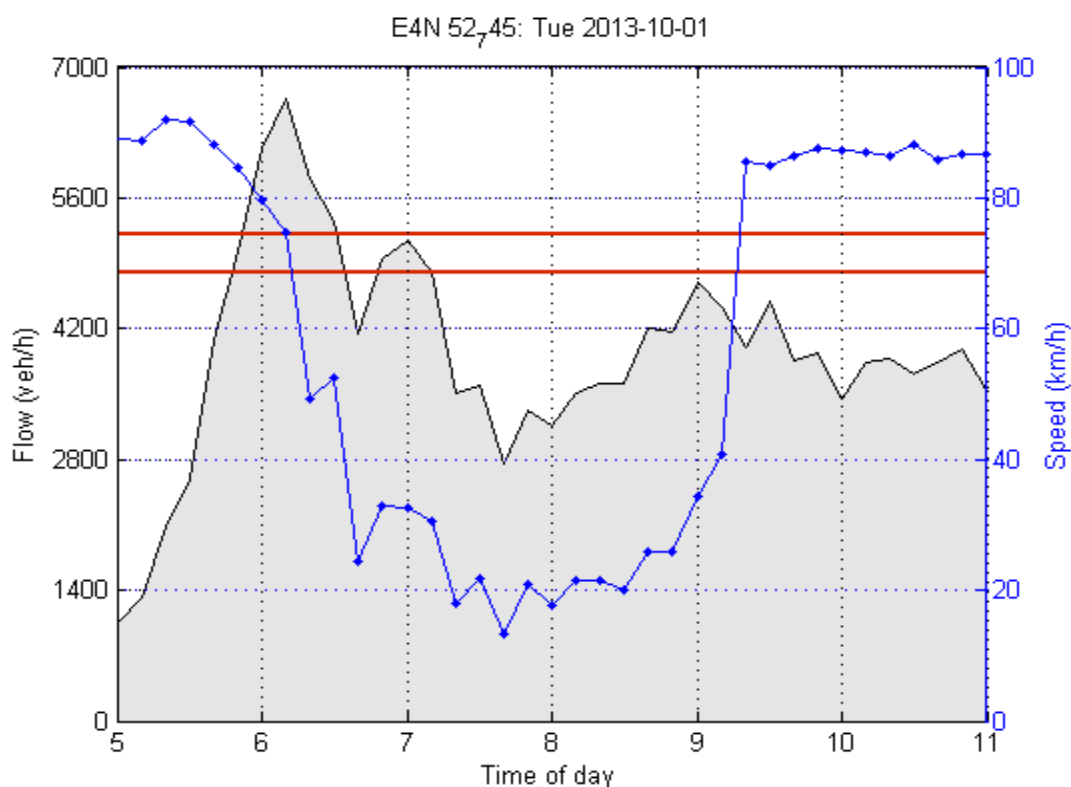
¹⁰⁶ Källa: Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 17.

vägar ökar, om en förskjutning från kapacitetssvaga till kapacitetsstarka fordon och om mindre justeringar i hantering och användning av existerande gator och vägar.

Minskad köbildning

Om sammanbrott i trafikflödet på de mest belastade trafiklederna kan undvikas kommer den förmedlade trafiken öka. Det handlar med andra ord om en viss ransonering av tillströmningen av fordon så att inte kapacitetstaket bryts igenom. För att belysa saken används de tidigare redovisade mätningarna på Essingeleden. Det bör upprepas att det inte finns någon i alla sammanhang giltig kapacitetsgräns. Denna varierar efter en rad olika omständigheter, inte minst olyckor, och rena slumpen. Därför har två nivåer valts i det följande räkneexemplet.

Antas att sammanbrott i trafiken kan undvikas om volymen håller sig under 4 800 fordon per timme skulle detta kunna uppnås med en minskad tillströmning om 1 000 fordon, vilket motsvarar 20 procent under tiden 5:50 till 6:40. Antas istället att en volym och 5 200 fordon per timme inte förorsakar sammanbrott handlar det om en minskning av 530 fordon eller 19.9 procent under den aktuella perioden. Halvtimmen innan 5:50, det vill säga den tidpunkt då hastigheten i trafiken började avta finns ledig kapacitet enligt tabell 9.



Figur 11: Fordonsflödet mellan klockan 5:00 och 11:00 vid den "första" här använda detektorn.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Detalj från figur 9.

Tabell 9: Ledig kapacitet och överutnyttjande vid morgonsammanbrottet på Essingeleden den 1 oktober 2014, med två antaganden om kapacitetsgräns.¹⁰⁸

Antagen sammanbrott sfri kapacitet	Ledig kapacitet kl. 5:20–5:35	Ledig kapacitet kl. 5:35–5:50	Sammanbrotts-trafik kl. 5:50–6:40	I % av trafiken i perioden	Sammanbrott sfri ledig kapacitet kl. 6:40–9:20	Potentie llt ledig kapacitet kl. 5:50–9:20
5 200 fordon/h	740	400	530	10,9	10 330	9 800
4 800 fordon/h	640	300	1 000	20,0	6 740	5 740

Värt att notera är att vid införandet av en trängselskatt (scenario B) på Essingeleden beräknas belastningen under högtrafik minska med omkring 1 300 fordon, det vill säga 10 procent under morgonens maxtimme.¹⁰⁹

Om sammanbrottet i morgontrafiken kan undvikas på Essingeleden i norrgående riktning, kan kapaciteten under perioden med störst efterfrågan (5:50–9:20) öka med över fem och ända upp till nästan tio tusen fordon (tabell 9). En kanske ännu mer drastisk förändring är att trafiken då skulle kunna framföras i en hastighet om över 80 kilometer i timmen mot den under trängseltiden vanliga 20–40 kilometer i timmen.

Fordonsmix

De olika trafikslag som framförs på väg skiljer sig dramatiskt åt när det gäller kapacitet. Genom att flytta över trafik från fordon och trafikslag med låg till de med hög kapacitet kan transporterna av personer och gods öka utan att infrastrukturen behöver byggas ut. Totalt sett är det också möjligt att minska vagnparken.

Ökad andel bussar i förhållande till personbilar

Bussar förmedlar i storleksordningen sju gånger så många resenärer som personbilsresandet i blandad stadstrafik, på motorvägar lika väl som på stadsgator (tabell 1). Anta att personbilarna står för 70 procent av trafiken under maxtimmarna och att tio procent av personbilsresenärerna övergår till att åka buss. Detta skulle

¹⁰⁸ Bearbetning av figur 11.

¹⁰⁹ Trafikverket 2013 s. 36.

resultera i en minskning av det totala trafikflödet med i storleksordningen 6 procent. En sådan reduktion skulle minska riskerna för köbildning och sammanbrott i den fritt flödande trafiken och också minska den tid som sammanbrotten varar i de fall de ändå inträffar.

Möjligheterna att öka busstrafikens marknadsandel kan bland annat antas sammanhänga med restid och pålitlighet. Enligt SLs bedömning kräver resenärerna av kollektivtrafiken att den är punktlig, prisvärd, snabb, har hög turtäthet och att gångavstånden är korta.¹¹⁰ För att belysa busstrafikens punktlighet och snabbhet, men också som underlag för senare resonemang om direktbussar dragna parallellt med överbelastade spår, har några busslinjer som framförs på trängseldrabbade vägsträckor undersökts. Det gäller bussar längs Nynäsvägen, Johanneshovsbron, Söderledstunneln, Centralbron till Stockholm C: Buss 812 från Tyresö C till Vattugatan; på Centralbron: Buss 59 mellan Ljusterögatan till Karolinska sjukhuset; på Essingeleden: Buss 152 från Liljeholmen till Bromma flygplats och i tät innerstadstrafik: Buss 4 från Gullmarsplan till Radiohuset. Undersökningen har begränsats till någon enstaka dag och några få linjer på grund av svårigheterna att hämta hem data från Trafikförvaltningen/SLs databas.¹¹¹

I en studie om trafiken under normala vardagar mellan klockan 7.30 och 8.30 samt mellan 16.30 och 17.30 vintern 2008/09 kartlades busstrafikens flaskhalsar i Stockholms län. I denna identifierades 63 allvarliga och 11 mildare problempunkter. I 53 procent av fallen var dessa gemensamma med biltrafiken och i 55 procent var de beroende på signalregleringar.¹¹²

För de här studerade busslinjerna identifierades flera flaskhalsar, i samtliga fall allvarliga sådana och delade med biltrafiken: Buss 4 vid korsningen S:t Eriksgatan–Fleminggatan; Buss 152 vid påfarten på Essingeleden mot norr vid Gröndal; Buss 59 och 812 vid Söderledstunneln–Skanskopplet och vid avfarten från Centralbron till Klarabergsviadukten; Buss 812 dessutom Årstatunneln påfart från Nynäsvägen, Nynäsvägen påfart från Bodårdsvägen, Nynäsvägen Sockenvägen samt Johanneshovsbron påfart Gullmarsplan. Riksväg 73 (Nynäsvägen) är kanske den infartsled som har stört problem trots busskörfält på en stor del av sträckan.¹¹³ Någon uppdatering har inte gjorts i denna studie men Trafikverket räknar med betydande problem i form av bussflaskhalsar år 2020 med bristande framkomlighet och

¹¹⁰ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 12.

¹¹¹ När datauttagen inom kort kommer att förenklas blir dessa bussdata ett värdefullt tillskott för analys av nutidshistoriska trafikförhållanden på gator och vägar som trafikeras av bussar. Det är Trafikverket som har beställt detta utvecklingsarbete och förbättringen kommer alla att få ta del av.

¹¹² Kronborg 2011 s. 1. Flaskhals definieras i termer av kvoten och skillnaden mellan körtid under maxtimmen och sen kväll kompletterade med uppgifter om fördröjningar under lågtrafik. Definitionen bygger på medelvärden med undantag för högtrafiksäsong, dvs. de som bara märks maj/juni, augusti/september. Kronborg 2011 s. 12–13.

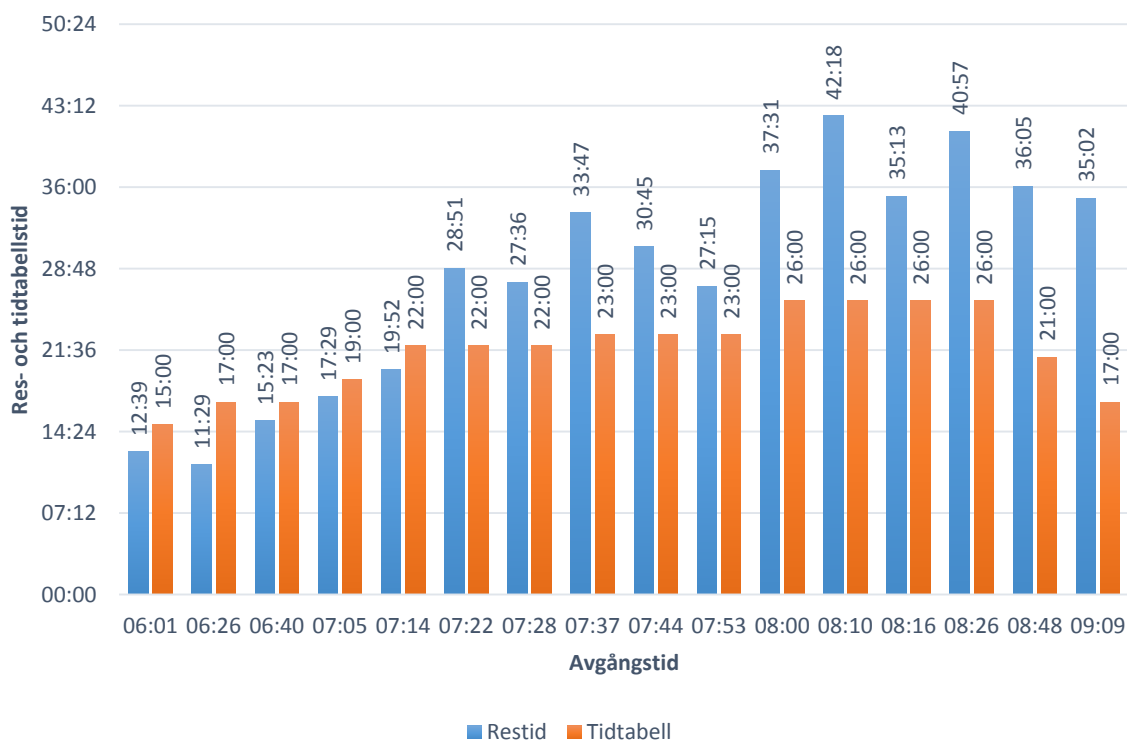
¹¹³ Kronborg 2011 s. 24.

kapacitet samt svårigheter att nå bytespunkter. Spårtrafikens konkurrenskraft förväntas därför minska på grund av att matningen med buss försämras.¹¹⁴

Busstrafiken på Nynäsvägen och vidare till Centralen

Buss 812 har sin näst sista hållplats vid Norra Sköndal varefter den kör upp på Nynäsvägen, väg 73 i riktning mot regioncentrum och med ändhållplats på Vattugatan vid Centralstationen. Bussens medelhastighet på sträckan varierar mellan 63 och 12 kilometer i timmen. Trots att tidtabellstiden varierats med hänsyn till förväntad kösituation efter tidpunkt kunde en försening om 16 minuter på den 9,5 kilometer långa sträckningen registreras. I ett annat fall var restiden mer än dubbelt så lång som den i tidtabellen angivna. I vilken utsträckning dessa uppgifter är representativa för busstrafiken längs Nynäsvägen har inte undersökts i denna studie.

Restid och tidtabellstid N Sköndal - Vattugatan buss 812 efter avgångstid från förstnämnda



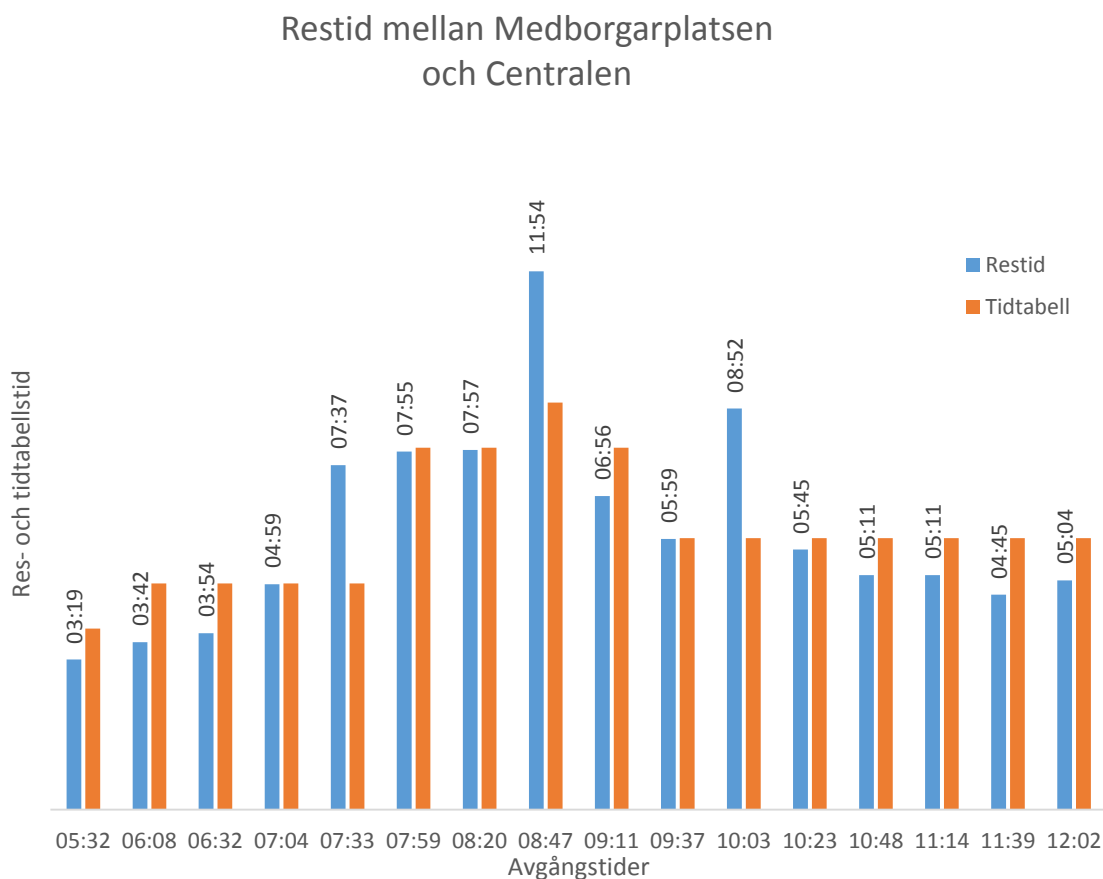
Figur 12: Restid och tidtabellstid för buss 812 på den hårt belastade Nynäsvägen morgonen måndagen den 18 augusti 2014.¹¹⁵

¹¹⁴ Trafikverket 2012a s. 57.

¹¹⁵ Bearbetning av data från landstingets databas RUST.

Busstrafiken på Centralbron

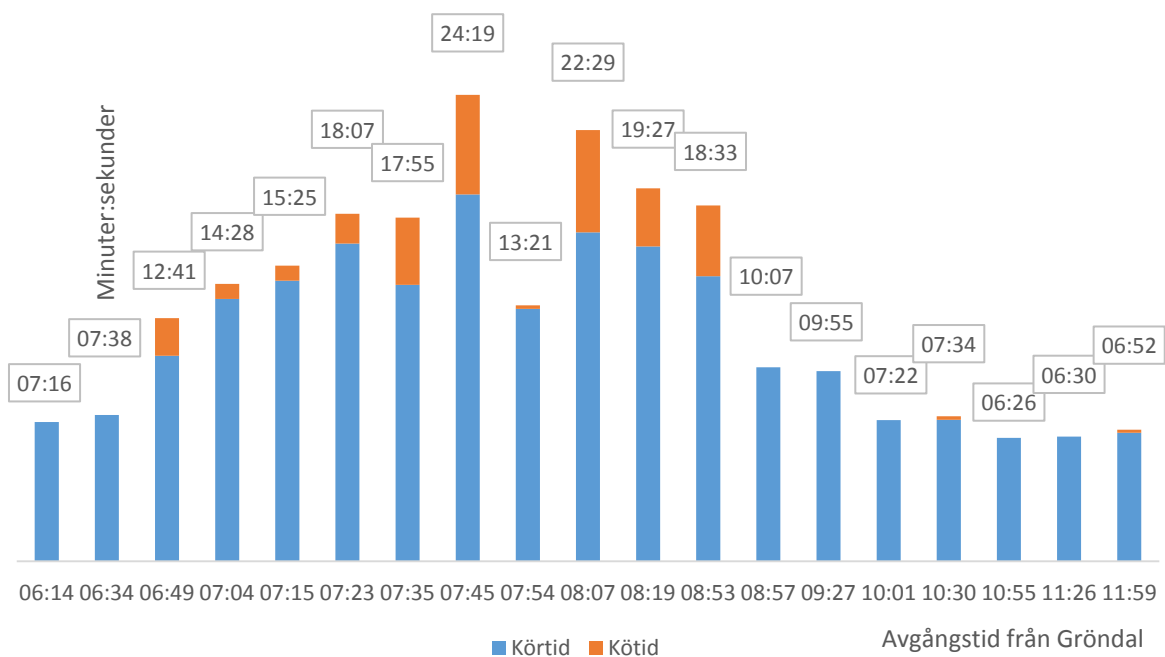
Buss 59 utgår vanligen från Ljusterögatan med ändhållplats vid Karolinska sjukhuset. Den har sin sista hållplats före angöringen av Söderledstunneln vid Medborgarplatsen. Den fortsätter sedan via Centralbron direkt till Klarabergsviadukten vid Centralstationen. Genomsnittshastigheten på sträckan varierar mellan 42 och 12 och enligt tidtabellen mellan 35 och 16 kilometer i timmen. I tre av turerna har kraftiga förseningar uppstått men i de övriga 13 är restiden snarast något kortare än tidtabellstiden.



Figur 13: Buss 59 på (del av) Söderledstunneln och Centralbron mellan Medborgarplatsen och Centralen, genomsnittshastighet mellan 12 och 42 kilometer i timmen. Sträckan 2,3 kilometer.¹¹⁶

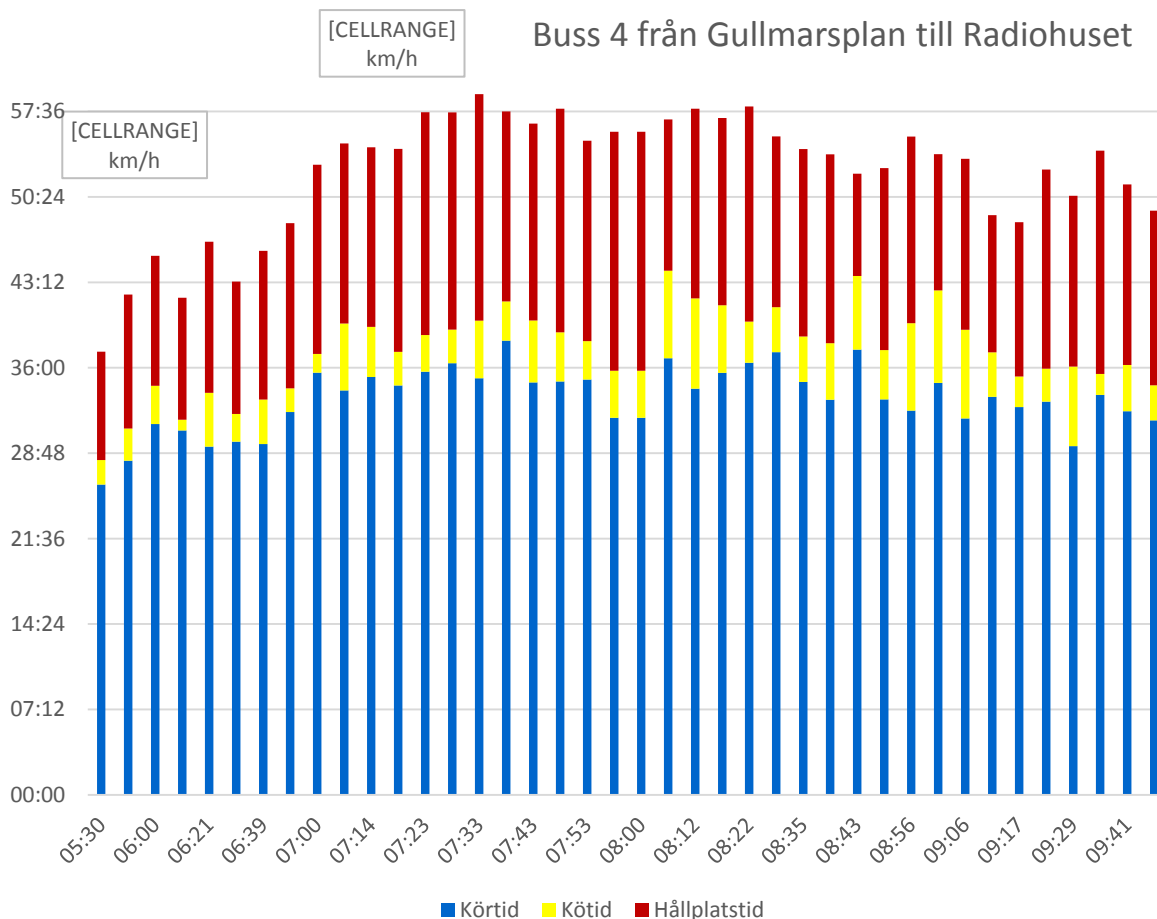
¹¹⁶ Bearbetning av data från landstingets databas RUST.

Buss 152 utgår från Liljeholmen och har sin ändhållplats vid Bromma flygplats. På Essingeleden framförs linjen från trafikplats Gröndal (nr 157) till trafikplats Tomtebodan (nr 162) och mellan hållplatserna Gröndal och Armégatan i Solna, en sträcka på 5,3



Figur 14: Kör- och kötid, minuter för buss 152 på Essingeleden mellan Gröndal och Armégatan förmiddagen den 18 augusti 2014.¹¹⁷

¹¹⁷ Bearbetning av data från landstingets databas RUST. Med kötid menas den tid då bussen står stilla eller framförs med en hastighet om högst 3 kilometer i timmen på sträckorna mellan hållplatserna.



Figur 15: Buss 4 i innerstaden efter avgångstider från Gullmarsplan, restider i minuter:sekunder.¹¹⁸

Anta att tio procent av bilpendlarna i högtrafik övergår till att åka buss som framförs på de trängseldrabbade sträckor som de som bilister färdats på. Med 70 procent av trafiken under maxtimmarna bestående av personbilar och sju gånger så hög kapacitet hos buss- jämfört med biltrafiken skulle detta, bortsett från alla sekundära effekter, resultera i en trafikminskning om sex procent. Modellstudier tyder på att det råder ett starkt samband mellan, å ena sidan, minskad restid i kollektivtrafiken som resultat av dennas prioritering och, å den andra sidan, minskning av bilåkandet, ökad andel kollektivtrafikresenärer och minskade kostnader för kollektivtrafikens fordon. Som framgått ovan finns stor potential att förbättra busstrafikens kvalité när det gäller tillförlitlighet och snabbhet.¹¹⁹ Detta tema återkommer i avsnittet *Justering av väg- och gatuutbudet*.

¹¹⁸ Bearbetning av data från landstingets databas RUST.

¹¹⁹ Currie och Sarvi 2012.

Ökad andel bilar med olika grader av automatiserad körning

Inslaget av bilar med mer eller mindre automatiserad körning kan påverka kapaciteten på väg både uppåt och, mer sällan, nedåt. På senare tid är det särskilt helautomatiserade fordon, sådana som kan köra till avsedd destination utan närvaro av förare, som väckt stor uppmärksamhet (nivå 4 nedan). Många arbetar med att utveckla dessa fordon både inom akademien och storföretagens utvecklingsavdelningar.¹²⁰ Det rör sig sannolikt om tiotusentals personer och en skarp konkurrens är på väg att växa fram mellan flera traditionella biltillverkare och dataföretag, i synnerhet Google. Det sistnämnda bolaget annonserar att man inom två till fem år kommer att ha den nödvändiga teknologin klar för massspridning i form av en förarlös taxitjänst.¹²¹ De stora bilbolagen har meddelat att de inom bara några år kommer att saluföra autonoma fordon.¹²²

I USA har National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) fastställt en nivåindelning gällande automationsgrad. Enstaka funktioner automatiseras (nivå 1), samordning av två eller flera automatiserade funktioner (nivå 2), föraren kan helt överlämna kontrollen, men måste vara beredd att ingripa när fordonet så påfordrar (nivå 3), fordonet klarar alla funktioner under hela resan och kan således köra helt på egen hand (nivå 4). Detta har skett mot bakgrund av att Washington D.C. och flera delstatsmyndigheter, för närvarande Nevada, Kalifornien, Michigan och Florida, godkänt provkörning med autonoma fordon på det allmänna vägnätet.¹²³

Adaptiv farthållare – Autonomous Cruise Control (ACC). Nivå 1–2

Många nya bilar är utrustade en uppsättning automatiserade funktioner.¹²⁴ En sådan är ACC som automatiskt reglerar avståndet till framförvarande fordon. Ju fler bilar som är utrustade med denna funktion desto bättre bli förutsättningarna att minska och i flera fall helt undvika sammanbrott och köer på starkt trafikerade leder. Hittills har dessa system utvecklats för att optimera de individuella trafikanternas komfort och det är därför inte givet att effektiviteten på systemnivå förbättras på något avgörande sätt med en ökad användning. Men med små modifieringar förefaller det möjligt att väsentligt förbättra de övergripande systemegenskaperna hos trafiklederna som stabilitet hos flöden, kapacitet och begränsning av uppkomst och fortplantning av köer. Föreslagna modifieringar innebär en kompromiss mellan optimering för den individuella trafikanten och för hela trafiksystemet (Corporate ACC, eller CACC). Enligt simuleringar är det små modifieringar som behövs av den individuella optimeringen för att betydande systemövergripande förbättringar ska vara möjliga, vilket i sin tur ger den individuella resenären tillbaka mer än vad hen fått ge upp i första steget. Redan vid en så låg marknadspenetration som fem procent

¹²⁰ Umer u.å. Se också litteraturöversikten Lind et al. 2014 samt Trafikanalys 2015.

¹²¹ Stone 2015 och Bloomberg Business 2015.

¹²² Litman 2015a s. 3.

¹²³ National Highway Traffic Safety Administration 2013.

¹²⁴ Knight 2013.

kan förbättringarna bli märkbara, vilket beror på att även små minskningar i trafikflödena nära sammanbrottsläget ger stora effekter, oavsett vilken orsaken är till ett dämpat tillflöde. Enligt vissa simuleringar minskar köbildning och restider gradvis för att vid en marknadspenetration på 25 procent nå ett tillstånd av fritt flödande trafik.¹²⁵ Det framstår som realistiskt att höja kapaciteten på hårt belastade trafikleder med åtminstone tio procent genom en ökad användning av automatisk avståndskontroll, särskilt om dessa system inte bara optimeras för den individuella utan också för den kollektiva nyttan.

Autonoma fordon med förarberedskap. Nivå 3

Bilar som klarar att ta över i stort sett alla funktioner under körning i gatu- och vägnätet finns redan på försöksstadiet, men inte på marknaden. En eventuell utveckling mot helt förarlösa bilar (nivå 4) går sannolikt via en successiv introduktion och spridning av ingående funktionella komponenter. En stor utmaning är då att tillräckligt snabbt kunna bryta förarens distraktion i nödlägen där hens omedelbara insatser påkallas.¹²⁶

Helt autonoma fordon. Nivå 4

Helt autonoma fordon finns sedan flera år och omfattande tester har genomförts. Många av de företag som utvecklar dessa fordon räknar med att kunna erbjuda bilar enligt nivå 3 inom tre till sju år, medan nivå fyra är tänkt att nås inom ett decennium.¹²⁷ Google planerar en världsomfattande taxiverksamhet med förarlösa bilar.¹²⁸ Men uppfattningarna går vitt isär om och i så fall när ett genombrott kan komma att ske. Flera bedömare räknar med att den helt självkörande fordonstypen finns i reguljär men begränsad drift och till försäljning om mellan fem och tio år.¹²⁹ Till de tidsoptimistiska hör Brynjolfsson och McAfee, dock utan att nämna några årtal.¹³⁰ Andra, däremot, understryker att dessa fordon befinner sig många år från marknaden.¹³¹ En annan prognos landar på en andel om 75 procent förarlösa fordon 2040.¹³² Ännu längre, eller till efter 2050, kan det enligt andra bedömare dröja innan

¹²⁵ Kesting, Treiber et al. 2008. O'Toole 2010 s. 194 refererar en studie som pekar mot en påtaglig minskad köbildning redan vid en marknadsandel om 20 procent. Andra bedömningar är mer konservativa. En penetration om 20–60 % beräknas resultera i mindre än 10 % kapacitetsökning. Adriano Alessandrini 2014 s. 171. Vid en marknadspenetration om 30 % beräknas trafikstockningar som beror på avsmalnande väg och liknande hinder komma att reduceras till hälften. Okumura 2014 s. 42. I en litteraturgenomgång, Bierstedt, Gooze et al. 2014 s. 20, redovisas resultat som tyder på att en penetration om 85 % behövs innan märkbara öknings av kapaciteten på vägen inträffar.

¹²⁶ Knight 2013.

¹²⁷ Soriano, Dougherty et al. 2014 s. 18.

¹²⁸ Stone 2015. Se också Bloomberg Business 2015.

¹²⁹ Lardinois 2015, Bierstedt, Gooze et al. 2014 s. 3.

¹³⁰ Brynjolfsson och McAfee 2014.

¹³¹ Knight 2013.

¹³² IEEE (u.å.)

förläsa bilar utan ansvarig förare, klarar alla trafikmiljöer och når allmän spridning.¹³³ Statens monopol på motorvägar har utpekats som det svåraste hindret mot introduktionen av den nya teknologin.¹³⁴

Inte heller när det gäller att bedöma effekterna av en eventuell framtida introduktion och spridning av förläsa fordon råder någon enighet. Fyra gånger så många bilar kan förmedlas på motorvägarna,¹³⁵ varför behovet av nya vägar minskar dramatiskt anser somliga.¹³⁶ Men andra bedömare tror inte att vägbyggnadsbehovet kommer att minska.¹³⁷ En dramatisk reduktion av fordonsparken ligger inom räckhåll under förutsättningen att bilen övergår till att bli ett fordon som anropas inför en resa snarare än en personlig ägodel.¹³⁸ Det är om spridningen av de autonoma fordonen kan stödja övergången till samägda bilar som positiva effekter kan förväntas, menar Todd Litman.¹³⁹ Nya ägarformer, affärsmodeller och en minskad restidsosäkerhet är andra effekter som nämns¹⁴⁰, och som lätt går att föreställa sig, under förutsättning att de förläsa fordonen erövrar marknaden och interagerar med en intelligent infrastruktur med informations- och betalningsmodeller. Mycket talar dock för att de många entusiasterna runt autonoma fordon överskattar de vinster som går att hämta hem, inte minst genom att förbise nya nackdelar och risker med den nya tekniken.¹⁴¹ Osäkerheten om vilka effekter autonoma fordon kommer att få är mycket stora. De kan, tvärtemot entusiasternas profetior, lika gärna leda till mer trängsel, högre väg- och parkeringskostnader, längre resor, ökad stadsutglesning, ökande olyckor och försämrade kollektivtrafik.¹⁴²

Autonoma fordon är bara en av många tendenser som påverkar den framtida trafiken, vilket tycks lätt att glömma bort i den massiva mediala uppmärksamhet som riktas mot dessa fordon.¹⁴³ Men om det är Moores lag eller den betydligt långsammare förändringstakt som präglade bilismen allt sedan den tidige Henry Fords dagar som bäst kommer att beskriva de kommande decenniernas förändringar inom stadstrafiken går inte att fastslå med någon säkerhet.¹⁴⁴ För dem som hoppas på att autonoma fordon skulle kunna leda till något av ett paradigmskifte inom stadstrafik och stadsbyggande är Litmans analys en besvikelse. Allt talar nämligen enligt hans studie för att dessa fordon kommer att förstärka bilsamhället och den bilcentrerade planeringen av städer.¹⁴⁵

¹³³ Litman 2015a s. 12, Bierstedt, Gooze et al. 2014 s. 3.

¹³⁴ O'Toole 2010 s. 200.

¹³⁵ Knight 2013.

¹³⁶ Silberg och Wallace 2012 s. 26.

¹³⁷ Bierstedt, Gooze et al. 2014 s. 4, 25.

¹³⁸ En drastisk reduktion av fordonsflottan förutspås av Burns, Jordan et al. 2013.

¹³⁹ Litman 2015a s. 17.

¹⁴⁰ Silberg och Wallace 2012 s. 28.

¹⁴¹ Litman 2015 s. 16.

¹⁴² Litman 2015a s. 6.

¹⁴³ Litman 2015a s. 17.

¹⁴⁴ För det senare talar en rad exempel från fordonsbranschen som anförs av Litman 2015a s. 10 och hans jämförelse med de automatiserade banktjänsternas utveckling s. 15.

¹⁴⁵ Litman 2015a s. 17.

Justering av väg- och gatuutbudet

Ett annat sätt att ta potentiellt ledig gatu- och vägkapacitet i anspråk är att justera underhåll och användning, varigenom redan små insatser kan få stora positiva effekter. Det handlar om att undanröja störningar, reglera trafikflöden och förändra fördelningen av vägutrymmets användning.

Störningshantering

En betydande del av köbildning och sammanbrott i den flödande trafiken på väg uppstår genom att olyckor och andra incidenter inträffar när vägarna och gatusystemet är hårt belastade. En snabbt arbetande trafikledning med god informationsförsörjning och effektiv vägassistans kan undvika eller mildra effekterna av denna typ av störningar. VägAssistans, ett samarbete mellan berörda myndigheter, ombesörjer denna funktion i Stockholm. Freeway Service Patrols, företeelsens amerikanska namn, har funnits sedan början av 1960-talet och är vanligt förekommande i USA där nytto-kostnadskvoten i många fall bedömts som mycket hög.¹⁴⁶ Det är svårt att ange någon generell effekt på vägkapaciteten av denna verksamhet, bland annat därför att den starkt varierar efter när insatserna sker: i rusningstid eller under lugnare perioder.

Fördelningssystem i gatukorsningar och vid påfartsramper

Tillgång till olika väg- och gaturesurser fördelas bland annat genom trafiksignaler i gatukorsningar och påfartsreglering till större trafikleder. Vissa typer av trafik kan också prioriteras vid dessa signaler, som till exempel kollektivtrafik.

Trafiksignaler för reglering av flödena vid vägkorsningar

Trafiksignaler i gatukorsningar infördes i Stockholm för första gången 1925. Denna metod att fördela resurser mellan trafikanter med stridiga intressen i gatukorsningar har mycket stor spridning. Efter åttio år hade antalet ljussignaler i Stockholm vuxit till nästan 600 stycken, varav något mindre än hälften i innerstaden.¹⁴⁷ Till en början manövrerades signalerna manuellt men efter hand har allt mer sofistikerade automatiska system utvecklats. På 1960-talet började så kallad adaptiv styrning att utvecklas. Den innebär att signalerna anpassas till trafiksituationen genom att beräkningar som görs i realtid får styra anläggningarna.¹⁴⁸ Många förslag formuleras inom akademierna, men endast ett fåtal får kommersiell betydelse och då vanligen efter mycket lång tid.¹⁴⁹

¹⁴⁶ Li och Walton 2013.

¹⁴⁷ Kronborg och Davidsson 2004 s. 5 och 6.

¹⁴⁸ Kronborg och Davidsson 2004 s. 7.

¹⁴⁹ Kronborg och Davidsson 2004 s. 9.

Ett förslag bygger på decentraliserad styrningen av signalerna, bland annat baserat på korttidsprognoser över trafiken. Samordning sker med näraliggande trafiksignaler för att motverka global suboptimering som lätt uppträder om varje trafiksignal regleras för sig.¹⁵⁰ Simuleringar visar att restiderna reduceras och att deras variationer minskar, något som ökar pålitligheten både hos kollektivtrafiken och det individuella resandet.¹⁵¹

Modeller har till exempel utvecklats för att optimera trafikflödet i gaturutnät som ju är en vanlig trafikmiljö i gamla stadskärnor. Det körschema som de olika fordonen har att följa förutsätter inte nödvändigtvis trafiksignaler utan kan förmedlas elektroniskt direkt till de fordon som rör sig i gatunätet. Tre modeller prövades, en bygger på att ett visst antal fordon släpps fram och att tiden därför varierar, en annan på bestämda tidsintervaller vid korsningarna vilket leder till att antalet fordon varierar och slutligen en modell som bygger på en kombination av tid och rum. Jämfört med ett system med trafiksignaler fast inställda efter den förväntade tillströmningen i de ingående vägkorsningarna halverades den sammanlagda restiden för de simulerade fordonen i de tre modellerna, så länge tillflödet av fordon är måttligt. Då det ökar är det bara rum-tidmodellen som behåller detta stora kapacitetsövertag.¹⁵²

Som Kronborg och Davidsson påpekar kan adaptiv signalreglering inte trola fram ytterligare kapacitet om området är överbelastat av trafik.¹⁵³ Däremot kan kapaciteten omfördelas och vinster på så sätt eventuellt vinnas inom ett större område eller på trafikleder som av olika anledningar kan vara prioriterade. Resultatet kan också bli större flexibilitet att ta hand om oväntade trafikströmmar. Än viktigare är dock att kapaciteten kan ökas innan överbelastningen inträder, varigenom det i vissa fall blir möjligt att undvika att köer bildas.

I vilken utsträckning ytterligare kapacitet kan utvinnas i Stockholms täta gatunät, där samspelet mellan de många trafiksignalerna är som mest komplicerat, har inte undersökts. Ett jämnare flöde i innerstaden, som under rusningstid kan beskrivas som en enda stor flaskhals, har betydelse också för den trafik som ska avvecklas från de stora trafiklederna in till och runt om staden. En stor del av denna trafik har nämligen start- och/eller målpunkter i innerstaden. Om det klara sambandet mellan förkortade restider i kollektivtrafiken och minskat bilåkande (se ovan) stämmer kan en ännu effektivare prioritering av busstrafiken förväntas ge god utdelning, till exempel när det gäller buss 4 (figur 15).¹⁵⁴ En analys av Stockholms trafiksignaler från år 2004 gav vid handen att en förbättrad skötsel av det dåvarande systemet skulle kunna leda till mellan 5 och 10 procents förkortning av restiden och att ett införande av ett adaptivt system skulle kunna bidra med lika mycket. Ett resultat var

¹⁵⁰ Lämmer och Helbing 2008. Konsulterad den 16 november 2014.

¹⁵¹ Lämmer och Helbing 2010.

¹⁵² Shah, Kumar et al. 2012.

¹⁵³ Kronborg och Davidsson 2004 s. 9.

¹⁵⁴ Currie och Sarvi 2012.

också att knappast någon annan trafikinvestering kunde var mer lönsam.¹⁵⁵ I vilken utsträckning som möjliga vinster bärgats under det senaste decenniet har, som redan påpekats, inte undersökts. Men förslaget i ett rapportutkast om att trafikcentralerna ska förses med trafiksignalkompetens tyder på en viss ytterligare förbättringspotential.

Påfartsreglering

Genom att portionera ut påfarterna från olika ramper till en hårt belastad trafikled kan flödet hållas uppe på den senare och sammanbrott undvikas eller förkortas. I Sverige används tekniken på tre ställen längs Essingeleden. I USA, liksom i flera andra länder, har metoden stor spridning och använts sedan början av 1960-talet. År 2000 stängdes alla 443 anläggningar för påfartsreglering av under två månader i tvillingstaden Minneapolis-Saint Paul. Motorvägarna fungerade sämre. Produktiviteten sjönk nästan till hälften samtidigt som hastigheten och trafikflödet minskade. Ett problem med regleringarna var dock de mycket långa väntetider som kunde förekomma vid vissa påfarter.¹⁵⁶ Enligt vissa uppgifter ska vägkapaciteten ha minskat med 9 procent, restiderna ökat med 22 procent och olyckorna med 26 procent när regleringen var avstängd.¹⁵⁷

Det förekommer att prioriterad trafik, som till exempel kollektivtrafik, ges företräde vid signalreglerade påfartsramper. En slutsats är att "[w]hile ramp meters can help at the margins, delaying the onset of freeway breakdowns and by making freeways flow smoother, they cannot eliminate congestion entirely."¹⁵⁸ Metoden är trots detta kontroversiell, bland annat därför att väntetiderna vid påfarterna blivit mycket långa. Om en utvidgad användning av påfartsreglering skulle förbättra trafiksituationen i Stockholm berörs inte i denna studie.

Ändrad fördelning av vägutrymmet

Genom att, fikt eller dynamiskt, avdela vissa delar av vägutrymmet för särskilda ändamål kan ledig kapacitet användas. Det kan både handla om att ta tillvara ledig kapacitet i infrastrukturen och/eller att gynna kapacitetsstarka trafikslag.

Reversibla körfält

I många fall med dubbelriktad trafik på väg är flödet i de båda riktningarna osymmetriskt. Det kan till exempel gälla pendlingstrafiken in mot och ut från en stadskärna med många arbetsplatser, eller resorna till och från ett stort publikdragande evenemang. Ett sätt att ta vara på den lediga kapaciteten i den för

¹⁵⁵ Kronborg och Davidsson 2004 s. 1.

¹⁵⁶ Levinson och Zhang 2006.

¹⁵⁷ Wikipedia (u.å.) Ramp meter.

¹⁵⁸ Levinson och Zhang 2006 s. 827.

tillfället mindre belastade riktningen är att ändra körriktningen på en eller flera filer på flerfältiga vägar. Denna metod för att minska köer och öka trafikflödet utan att behöva bygga nya vägar har praktiserats i många städer med start i USA redan i slutet av 1920-talet, men endast mycket sparsamt i Sverige.¹⁵⁹ Den har också beskrivits som mycket effektiv och även kommit till användning när man önskar reservera filer för särskilda ändamål utan att vilja inskränka utrymmet i den för tillfället dominerande trafikriktningen. På en fyrfältig väg kan till exempel en fil avsättas för cykeltrafik i båda riktningarna medan en annan fil växlar körriktning efter efterfrågan. Önskar man istället prioritera kollektivtrafiken och skillnaderna mellan flödena i vägens riktningar är stora kan till exempel tre filer avsättas för huvudriktningen, en reserverad för kollektivtrafik och de två andra för den övriga trafiken.¹⁶⁰ Om kollektivtrafiken framförs i riktning mot intilliggande fil minskar risken för missbruk.¹⁶¹

Den potential som på detta sätt kan tas i anspråk kan vara mycket stor och har bedömts vara ett av de mest effektiva sätten som finns att öka effektiviteten hos existerande vägar under perioder av trängsel.¹⁶² Men det är svårt att ge ett generellt mått på potentialen eftersom resultatet är starkt beroende av lokala förhållanden som till exempel antal vägkorsningar och på- och avfarter.

Buss i reserverade körfält

Busstrafiken har, som konstaterats ett flertal gånger, stora svårigheter att ta sig fram både i innerstaden och på infartsvägarna. Resultatet blir långa restider och stor osäkerhet.¹⁶³ Trängseln på vägarna väntas dessutom förvärras samtidigt som bristande spårkapacitet anses stå i vägen för en nödvändig ökning av kollektivtrafikens marknadsandelar.¹⁶⁴ Bussarna förutspås också få växande problem då busskörfälten inte är sammanhängande.¹⁶⁵ Problembilden bekräftas i den tidigare omnämnda undersökningen av bussflaskhalsar: busskörfält börjar för sent, fälten förlänger bilkön så att bussarna fastnar i dessa innan de reserverade fälten börjar. Samtidigt slutar dessa många gånger en bit ifrån flaskhalsen. Andra problem är alltför smala fält, feluppställda bilar och illegal användning.¹⁶⁶

Att reservera körfält för kollektivtrafik på den övriga vägtrafikens bekostnad möter regelmässigt viss skepsis från bilintressenter. Inte minst mot den bakgrunden är resultatet av följande simuleringsstudie intressant. I fokus står effekterna av

¹⁵⁹ Zhao, Ma et al. 2014 och Wikipedia (u.å.) Reversible lane. Så vitt bekant finns i Sverige bara reversibla körfält på väg 222 mellan Mölnvik och Ålstäket på Värmdö, detta trots att nämnda exempel kan beskrivas som en succé.

¹⁶⁰ Federal Highway Administration (u.å.)

¹⁶¹ Sjöstrand, Fält et al. 2014 s. 7.

¹⁶² Wu et al. 2009 s. 96.

¹⁶³ Sverige. Trafikverket 2012a s. 105.

¹⁶⁴ Sverige. Trafikverket 2012a s. 104.

¹⁶⁵ Sverige. Trafikverket 2012a s. 105.

¹⁶⁶ Kronborg 2011 s. 5.

införandet av en kollektivtrafikfil på bekostnad av en fil för allmän trafik, men även andra åtgärder för att öka busstrafikens attraktivitet och hastighet provas. Bilpendlare övergår i viss utsträckning till busspendling samtidigt som busstrafiken inte längre blandas med och hindrar den övriga trafiken. Sammantaget leder detta till att framkomligheten förbättras för de kvarvarande bilisterna. Som en sekundär effekt sker då en viss återströmning till bilpendling. Resultatet av att skapa reserverade busskörfält blir ändå påtagliga förbättringar för både bilister och bussresenärer. Insatser för att snabba upp embarkeringen av bussarna visar sig också vara effektiva för att öka hastigheten och därmed också att locka till sig bilpendlare.¹⁶⁷ Detta är helt i linje med SL:s viljeinriktning.¹⁶⁸

Vinsterna med reserverade bussfiler är många. När det gäller restid, restidssäkerhet och tidtabellspassning finns starka belägg för förbättringar.¹⁶⁹ Det finns rapporter om restidsförkortningar på mellan 5 och 50 procent och ökad chans att hålla tidtabellen med 65 procent.¹⁷⁰ När ett motriktat busskörfält infördes i Lund minskade den genomsnittliga restiden med 52 procent eller till 1 minut och 39 sekunder och skillnaden mellan snabbaste och långsammaste turen minskade från sju och en halv till tre och en halv minut.¹⁷¹

När restider och restidsosäkerheter minskar kan färre bussar upprätthålla oförändrad trafikering.

De två busslinjerna nummer 4 i innerstaden och nummer 152 på Essingeleden skulle båda vara betjänta av förbättrade, respektive nyinrättade reserverade körfält, signal- och, i det senare fallet, rampprioritering. Förbättrade restider och restidssäkerhet är sannolikt avgörande för att kollektivtrafiken ska kunna attrahera ensambilister.

Buss nummer 59 på Centralbron och 812 på Nynäsvägen, diskuteras under avsnittet *När spåren inte räcker till*.

Anta att 20 procent av personbilsresenärerna övergår till att åka buss när reserverade körfält införs. Anta vidare att personbilarna innan övergången utgjorde 70 procent av trafiken under rusningstid. Då kommer 14 procent av trafiken att falla bort och ersättas med buss på reserverade körfält som kan antas vara 15 gånger så kapacitetsstark som biltrafiken. Resultatet blir då en sammantagen minskning med 13 procent. På den trefiliga vägen ökar då trafiken på de två återstående oreserverade filerna med 32 och på de fyrfiliga med 16 procent (under antagandet att den ökade trängseln inte får ”kvarvarande” bilister att välja andra färdssätt eller avstå från resan/transporten). Denna situation innebär att vägen inte används på ett effektivt sätt då de oreserverade filerna drabbas av en förvärrad kösituation. I många fall utnyttjas inte heller kollektivtrafikfilen fullt ut vilket då leder till ett dubbelt underutnyttjande.¹⁷² Detta kan pareras på olika sätt så att den förbättrade

¹⁶⁷ McDonnell och Zellner 2011.

¹⁶⁸ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 9, 40, 43 och 47.

¹⁶⁹ Sjöstrand, Fält et al. 2014 s. 7.

¹⁷⁰ Sjöstrand, Fält et al. 2014 s. 7, 9.

¹⁷¹ Sjöstrand, Fält et al. 2014 s. 7.

¹⁷² Guler och Cassidy 2012 s. 1334.

bussframkomligheten bibehålls samtidigt som det reserverade fältet blir bättre utnyttjande.

Dynamiskt reserverade körfält

Bussarna har stor nytta av reserverade körfält vid trafikstockningar, men under andra tider gör de ingen skillnad och kan då göras tillgängliga för alla trafikanter. Kruxet är naturligtvis att inte heller andra fordon är särskilt betjänta av att få använda bussfilen under lågtrafik. Men om filen, vid köbildning inte är fullt utnyttjad av bussar kan annan trafik tillåtas när ingen buss närmar sig. Det gäller då att dessa fordon kan lämna filen och ge bussen ”fri lejd”. Sådana system har föreslagits i första hand vid flaskhalsar, som till exempel vid trafiksignaler. I flytande trafik är detta inte enkelt att åstadkomma och skulle sannolikt förorsaka trafikstockningar och ryckig körning på de oreserverade filerna.

Det finns avancerade modeller utvecklade för fördelning av vägresurserna vid olika typer av flaskhalsar. I det enklaste fallet, med relativt låg belastning i det reserverade körfältet samtidigt som inga köer finns nedströms, föreslås det reserverade körfältet upphöra vid passage genom flaskhalsen. Stora delar av kollektivtrafikens fördelar kvarstår, samtidigt som de negativa inverkningarna på övrig trafik minskar. För mer komplicerade fall föreslås bland annat kombinerade lösningar med differentierad signalreglering för olika filer delvis styrda av realtidsinformation om aktuella bussars positioner. Gjorda simuleringar tyder på att de presenterade lösningarna skulle kunna fungera i praktiken. Några försök som bygger på en liknande filosofi har tidigare genomförts, men flera fullskaleprövningar efterlyses.¹⁷³ En forskargrupp som samordnas av VTI kommer att redan i början av sommaren 2015 redovisa hur dynamiska busskörfält kan fungera i Sverige.¹⁷⁴

Buss och annan nyttotrafik i reserverade körfält

En annan och mindre komplicerad metod för att använda den lediga kapaciteten i inte fullt ut ianspråktaga kollektivtrafikfiler är att låta annan trafik som kan anses värd att prioritera nyttja filerna. Det kan till exempel gälla certifierad nyttotrafik eventuellt i kombination med en avgift som kan variera efter den momentana efterfrågan.¹⁷⁵ Motiveringen för en sådan ordning är dels att den reserverade bussfilen ska utnyttjas fullt ut utan att kollektivtrafiken blir lidande dels att nyttotrafiken har ett högt tidsvärde och ofta, till skillnad från många persontransporter med privatbil, saknar alternativa transportmöjligheter.

¹⁷³ Guler och Cassidy 2012.

¹⁷⁴ Statens väg- och transportforskningsinstitut 2014.

¹⁷⁵ Ett system med dynamiska priser som kan ändras var 15 minut finns på en del av en ringled runt Washington. Det är dock exempel på en så kallad HOT öppet för alla bilister. Transurban (USA) Operations Inc. (u.å.).

Antar vi att hälften av nyttotrafiken, det vill säga 15 procent av det totala trafikflödet enligt ett tidigare antagande, skulle kunna framföras i det reserverade körfältet utan att busstrafikens framkomlighet nämnvärt försämrats, skulle i de andra filerna trafiken öka med nio procent på trefilsvägarna och minska med fyra procent på fyrfältsvägarna.

Buss, annan nyttotrafik och personbilar med många passagerare

För att stimulera samåkning och på så sätt minska trängseln och förbättra miljön har sedan länge och särskilt i USA bilar med flera resenärer tillåts köra på reserverade körfält, så kallade high-occupancy vehicle lane (HOV). Det finns naturligtvis stor principiell frihet att välja vilka fordon som ska få tillträde till dessa körfält och inte sällan har arrangemanget kompletterats med möjligheter för ensamma bilister att få tillträde mot en avgift som kan variera i takt med förändringar i efterfrågan, så kallade high-occupancy toll lane (HOT).

Att HOV kan ha stora positiva effekter på trafikflödet finns det många exempel på. På Shirley Highway, sydväst om Washington, med två reserverade körfält färdades 31 700 personer i 8 600 fordon under morgonrusningen medan det under samma tid åkte 23 500 personer i 21 300 ekipage i de tre till fyra icke-reserverade filerna. Restiden i HOV-filerna var i genomsnitt 29 minuter mot 64 i de andra filerna.¹⁷⁶ Även om många fler anekdotiska belägg kan anföras har nyttan av de samlade effekterna av HOV kommit att ifrågasättas. Det har hävdats att de avgörande bevisen för att de positiva effekterna överväger saknas. Till en del grundas kritiken på bristande kvalitet hos genomförda uppföljningar.¹⁷⁷

Ledig kapacitet på spår

Den teoretiskt möjliga kapaciteten inom spårtrafiken bestäms av antalet passagerare per vagn, antalet vagnar/tåglängd och turtäthet. Hur många passagerare som ryms per vagn beror på dess möblering/andelen stående resenärer, men också på hur högt kravet på komfort ställs. Belysningen av kapaciteten inom spårtrafiken kommer här helt att inriktas på tunnelbanan.

I tunnelbanetrafiken är 100 till 150 passagerare per vagn tal som angetts.¹⁷⁸ I London räknar man med att 800 passagerare per tåg ger en acceptabel komfortnivå, medan det vid maximal trängsel handlar om 1 200. Maximala antalet vagnar som förekommer är 10 och någon gång 12. Teoretiskt kan turtätheten vara 90 sekunder, men med hänsyn till ofta förekommande större eller mindre förseningar brukar 120, det vill säga 30 tåg i timmen vara vad som tidtabellsläggs för att undvika

¹⁷⁶ Samuel 2005.

¹⁷⁷ Shewmake 2012.

¹⁷⁸ 150 passagerare som Tunnelbanevagns kapacitet syftar på de gamla så kallade Cx-vagnarna.

förseningar.¹⁷⁹ Med förarlösa tåg kan ibland tätare trafik nås – i Paris till exempel, förekommer 85-sekunderstrafik.¹⁸⁰ Tunnelbanan i Hong Kong kan ta 2 500 passagerare per tåg, vilket med 2-minuterstrafik ger 75 000 passagerare i timmen.¹⁸¹ I Paris förekommer kapaciteter på 65 000 passagerare per timme på vissa linjer.

Den stockholmska tunnelbanan körs med tre, ibland två vagnar med tre sektioner i vardera. Dessa tåg har i stort sett ersatt den ursprungliga typen med åtta separata vagnar. Tågens längd är omkring 145 meter. Att förlänga tågen kräver stora ingrepp i form av ombyggda stationer, något mindre på blå linje, där plattformarna är något längre och anpassade efter 10 vagnar av den gamla typen.¹⁸² Den tekniskt möjliga kapaciteten för ett stockholmskt tunnelbanetåg har angetts till 1 200 passagerare (figur 1). Praktisk, det vill säga komfortmässigt acceptabel, kapacitet har angivits till 700 per tåg och senare reviderat till 650 som en anpassning till resenärsönskemål. Med 30 tåg per timme ger detta en kapacitet om 21 000 respektive 19 500 passagerare. Vad de stora skillnaderna i kapacitet mellan Paris och Hong Kong å ena sidan och Stockholm å den andra beror på har inte undersökts.

Infrastruktur

En stor del av topptrafiken i Stockholm under morgon- och eftermiddagsrusningen förmedlas på spår. Pendeltågen som dominerar när det gäller det mer långväga resandet, möter en kraftig konkurrens om tåglägen från annan trafik och möjligheterna att öka trafikeringen är beroende av Citybanans färdigställande. Utbyggnaden från två till fyra spår innebär, intressant nog, mer än en fördubbling av kapaciteten i och med möjligheten, att köra tåg med olika hastighet på skilda spår. Vad detta kommer att betyda för kapaciteten i den mer långväga kollektivtrafiken har av resursskäl inte undersökts i denna rapport, liksom inte heller andra aspekter av pendeltågstrafikens kapacitetsmöjligheter.

Morgontrafiken på tunnelbanans gröna linje norrut från Gullmarsplan in mot T-centralen tillhör de med högst belastning. På sträckan Skanstull–Medborgarplatsen inräknades 15 900 passagerare mellan 7.30–8.30 hösten 2009, vilket beskrivs som 90 procent av praktisk kapacitet.¹⁸³ Tisdagen den 3 december 2013 uppmättes 19 535 passagerare. Den maximala trafiken är 30 tåg per timme och att öka kapaciteten genom trimning till exempel av signalsystemet ställer sig dyrt.¹⁸⁴

¹⁷⁹ White 2009.

¹⁸⁰ Griffe 2000.

¹⁸¹ Glover 2006.

¹⁸² Man kan inte dra nytta av längre plattformarna med C20 (3 enheter motsvarar 8 vagnar) eller kommande C30 (2 enheter motsvarar 8 vagnar). De längre plattformarna är därför en förgävesinvestering så länge dessa vagntyper används.

¹⁸³ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 24.

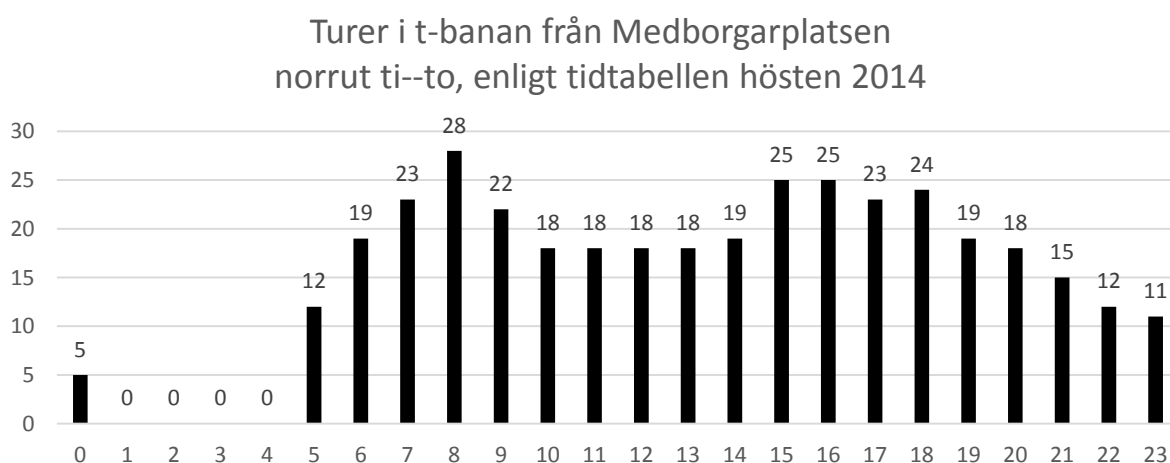
¹⁸⁴ Nordström 2012 s. 22.

Flera tåglägen

Det finns möjligheter att köra flera tåg, dock knappast på ett sätt som svarar mot aktuell efterfrågan. Enligt tidtabellen hösten 2014 körs 372 tåg per vardagsdygn på gröna linjen från Medborgarplatsen mot norr. Det kanske vore möjligt att som allra mest utöka trafiken till 550 tåg per dygn vilket skulle innebära en ökning med cirka 180 tåg. Rent teoretiskt ger detta en kapacitet på 117 000 resenärer till den nya, mer kundvänliga utrymmesstandard som SL räknar med. Men att ta denna lediga kapacitet i anspråk kräver rimligtvis stora förändringar både av resvanor (tidpunkter då man reser) och typ av last – underjordiska godstransporter tillhör de förslag som framförs när det gäller att råda bot på storstädernas prekära transportproblem.¹⁸⁵

Tabell 10: Spårtrafikens kapacitet.¹⁸⁶

Trafikslag	Sittplatser	Praktisk kapacitet	Ny praktisk kap	Medelhastighet	Avstånd hpl
Pendeltåg	750	850	810	60–70	3 500–4 000
T-banetåg	380	700	650	30–40	900–1 400
Roslagsbanetåg	450	450	450	35–50	1 700
Tvärbanan, kort	155	250	240	23	700



Figur 16: Antal tunnelbanetåg enligt tidtabell.¹⁸⁷

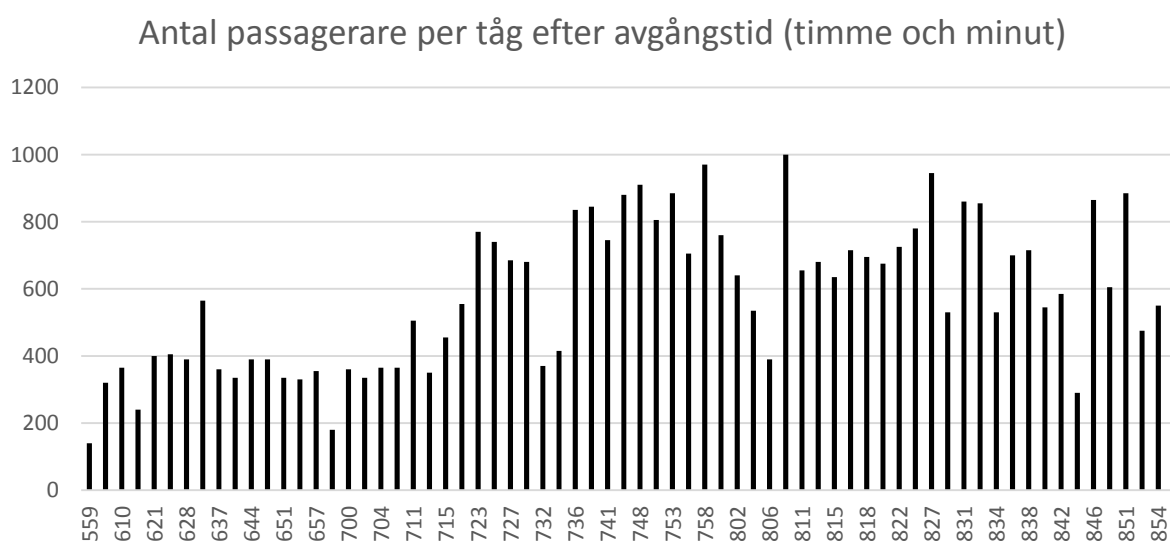
¹⁸⁵ Marchau, Walker et al. 2008, Binsbergen och Bovy 2001, Visser 2002, Forum for the Future och EMBARQ 2010 s. 27.

¹⁸⁶ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 17.

¹⁸⁷ SLs tidtabell för den aktuella tiden.

Fordon

Beläggningen i tunnelbanan varierar kraftigt mellan olika turer men också mellan de olika vagnarna i ett och samma tåg. Generellt sett finns gott om utrymme i praktiskt taget alla tåg på de perifera delarna av banorna, nära ändstationerna. Som redan redovisats menar SL att en jämnare fördelning skulle frigöra kapacitet. Data om morgontrafiken den 3 december 2013 mellan klocka 5:59 och 9:00, då sammanlagt 39 400 passagerare befordrades, får belysa förhållandena. Materialet insamlades av ÅF-Infrastruktur och har ställts till förfogande av Magnus Nordström. Det användes i en utredning av belastningen på gröna linjen som underlag för beslut om en överflyttning av Hagsätrabanan mot Kungsträdgården. Av de stationer som ingår i ovan nämnda undersökning har Medborgarplatsens morgontrafik valts då denna tillhör de absolut mest trängseldrabbade.

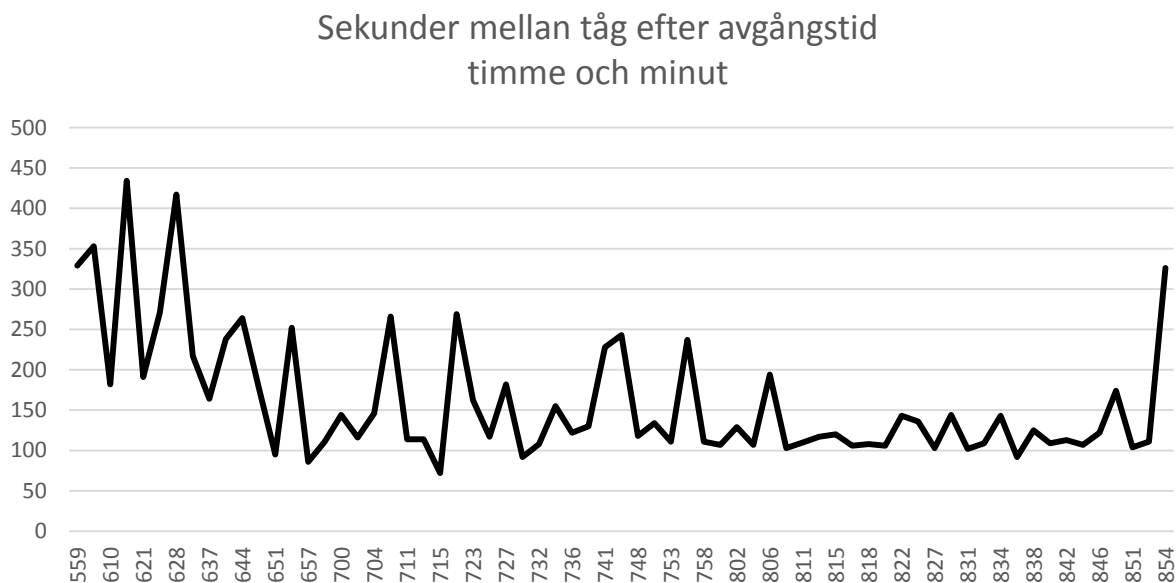


Figur 17: Exempel från Medborgarplatsen den 3 december 2013, klockan 6.00–9.00.¹⁸⁸

Jämnare passagerarfördelning mellan tågen

Största antalet resenärer från Medborgarplatsen och norr ut har de tio tåg som avgår under perioden 07:36–08:00 med i genomsnitt 830 passagerare per tåg. Strax därefter men också vid andra tillfällen blir vissa tåg bara halvfulla. Orsaken till variationerna har inte närmare studerats. Tänkbara förklaringar är varierad tid mellan avgångar (som visas i figur 18), skillnader i tågens start- och slutstationer. Sannolikt spelar också mer eller mindre slumpmässiga variationer i tillströmningen till stationerna en roll i sammanhanget.

¹⁸⁸ Nordström 2012 och data från denna studie.



Figur 18: Tid mellan avgångar i sekunder från Medborgarplatsen för tunnelbanetåg mot norr den 3 december 2013, klockan 6.00–9.00.¹⁸⁹

Under den mest belastade timmen mellan klockan 7:30 och 8:30 förmedlade 27 tåg sammanlagt i det närmaste 19 400 passagerare, eller i genomsnitt 719 per tåg. Det betyder att även om fördelningen varit jämn mellan tågen skulle SL ändå inte riktigt nå upp ens till de gamla mål för komfort om som mest 700 passagerare per tåg. Däremot hade den extrema trängseln i de mest fullpackade tågen kunnat undvikas.

Det är under tiden före 7:20 som det konstant finns gott om utrymme i tågen med i medeltal 366 passagerare. Det finns ledig kapacitet i vissa tunnelbanetåg även under rusningstid, men de förefaller slumpmässigt fördelade och avlöses av tåg med mycket hög beläggning. En jämförelse med figur 1 ger starkt belägg för att trängseln ökat kraftigt under maxtimmen mellan åren 2008 och 2013 med betydligt fler tåg som inte lever upp till SLs ambitioner när det gäller platstillgång.¹⁹⁰

Jämnare passagerarfördelning mellan vagnarna

Det är inte bara mellan de olika tågen som det förekommer stora variationer i antalet passagerare. Också mellan vagnarna varierar antalet och detta på ett regelbundet sätt. Beräknat för hela förmiddagstrafiken har första vagnen i genomsnitt 49 passagerare medan vagn 8 har så mycket som 89 stycken. SLs riktmärke, översatt till en jämn fördelning av resenärer mellan vagnar, hamnar på 72 respektive 77. Mönstret går igen i de mest trängseldrabbade tågen. I dessa reste 71 personer i vagn 1

¹⁸⁹ Nordström 2012 och data från denna studie.

¹⁹⁰ Observera dock att mätningarna gjorts vid olika stationer, Medborgarplatsen 2013 och Gamla stan 2008. I det senare fallet omfattades också röda linjens trafik.

och 129 i vagn 8 beräknat på ett genomsnitt över 16 tåg. Den högsta siffran som registrerades för en enskild vagn var 150 passagerare i vagn 8.¹⁹¹

Andra vagntyper och annan komfort

Tunnelbanor i andra städer har avsevärt högre kapacitet än den stockholmska. Detta beror av allt att döma på en kombination av vagnarnas utformning och vad som accepteras av bristande komfort i form av trängsel under topptrafiken. Men också perrongernas och andra stationsutrymmens storlek spelar roll. Det tåg som hade flest resande under den observerade perioden i Stockholm medförde 1 000 passagerare och motsvarande siffra för en enskild vagn var 150. Om vi, något orealistiskt, antar att alla vagnar i 30 tåg under en timme fylldes i samma utsträckning blir kapaciteten 40 500. Enligt Peter White behövs sällan högre kapacitet än 25 000 passagerare per timme i Europa.¹⁹² Med andra, mer lättembarkade vagnar och fler ståplatser eller flexibla sittplatser och ökad acceptans för storstadsmässig trängsel kanske tunnelbanan i Stockholm skulle kunna komma upp till denna kapacitet. Det skulle i så fall innebära en möjlig ökning av antalet passagerare med knappt 30 procent från 19 400. Någon granskning av vad som skulle krävas för att genomföra en sådan förändring har inte gjorts. Efter en sådan ökning är kapaciteten i Hong Kongs tunnelbana tre gånger så stor som Stockholms.

När spåren inte räcker till

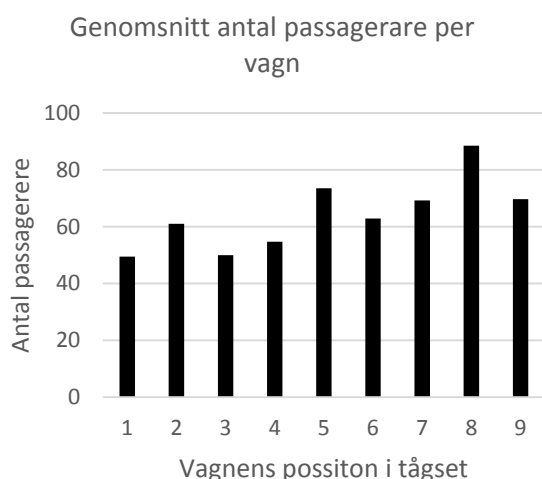
Att öka kapaciteten på spår innebär som regel långa ledtider. Att lägga nya spår, byta ut vagnparken, uppgradera signalsystem, införa förarlös drift och höja acceptansen för trängsel är alla tidsödande processer. I relationer där spåren inte räcker till är parallelltrafik på väg och då första hand på reserverade körfält ett attraktivt och snabbt genomförbart alternativ. Detta är något som SL för länge sedan slagit fast.¹⁹³

Att väl fungerande reserverade körfält är nödvändiga är tydligt av de data som ovan redovisades angående buss 812 på Nynäsvägen–Söderledstunneln–Centralbron och till Centralen (figur 12) samt buss 59 i en del av Söderledstunneln Centralbron och till Klarabergsviadukten (figur 13). I det förstnämnda fallet uppmättes en försening om 16 minuter på den 9,5 kilometer långa sträckningen. I ett annat fall var restiden mer än dubbelt så lång som den i tidtabellen angivna. Detta trots att delar av sträcken är försedd med reserverade bussfiler. Hastigheten på buss 59 varierade mellan 12 och 42 kilometer i timmen på den aktuella sträckan. För flertalet resenärer med den spårbundna trafiken och för bilpendlarna kan dessa bussar knappast framstå som något attraktivt alternativ. Med en förlängning av de reserverade kollektivtrafikfälten längs hela sträckan, från Örbyleden in till Centralen, och en förbättrad utformning,

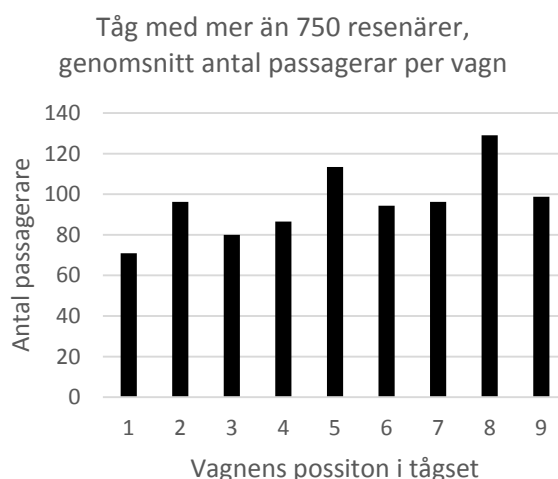
¹⁹¹ Precisionen i data kan dock ifrågasättas. De är resultatet av okulära uppskattningar gjorda av personer på perrongen.

¹⁹² White 2009 s. 82.

¹⁹³ Stockholms Lokaltrafik 2010 s. 40, 43, 47.



Figur 19: Passagerare per vagn.¹⁹⁴



Figur 20: Även i de tåg som har flest passagerare är skillnaderna i antal passagerare stort mellan vagnar.¹⁹⁵

kanske som motriktat eller mittkörfält borde restider och restidsosäkerheter kunna minska.¹⁹⁶

Kapaciteten i särskilda snabbussystem (Buss Rapid Transit – BRT-system) uppgår till 15 000 passagerare i timmen och i många fall betydligt högre. Reserverade körfält som inte är avskilda från övrig trafik, det vill säga som inte har helt egna banor, har lägre kapacitet. Det förekommer uppgifter om mellan 5 000 och 9 000 personer per timme, vilket i perspektiv av tunnelbanans knappt 20 000 passagerare i timmen, framstår som ett beaktansvärt tillskott.

Ledig kapacitet på vatten

I likhet med de många andra storstäder som ligger vid vatten har den svenska huvudstaden haft en livlig lokal sjöfart. Trafiken var omfattande ända in på 1900-talet, om än något tillbakaträngd av det sena 1800-talets spårvagnsdrift och brobyggnad.¹⁹⁷ Detta var ett öde som den lokala sjöfarten drabbades av i många,

¹⁹⁴ Nordström 2012 och data från denna studie.

¹⁹⁵ Nordström 2012 och data från denna studie.

¹⁹⁶ Intressant nog har Trafikförvaltningen, i samarbete med Trafikverket, Trafikkontoret, Stockholm stad i Stockholm och berörda förortskommuner, startat en åtgärdsvalsstudie (ÅVS) om förbättrad framkomlighet i stomnätet för buss gällande bland annat sträckorna Norra Sköndal–Gullmarsplan och Gullmarsplan till Solna C. Studien behandlar också frågan om (förbättrade) reserverade körfält för buss. Trafiknämnden, Stockholms läns landsting 2014.

¹⁹⁷ Holmberg 1953, Gullberg 2001 s. 312.

men inte alla, västerländska storstäder.¹⁹⁸ Den internationella trenden har emellertid vänt. På en del håll skedde detta redan på 1980-talet. Tilltagande stockningar i vägtrafiken och en intensiv nyexploatering på övergivna hamnområden och annan strandnära mark har samverkat med detta fenomen. Både helt privat och offentligt stödd trafik förekommer. Ett intressant exempel på det senare är Brisbane i Australien där man med offentliga medel satsat stort på en omfattande färjetrafik med särskilt anpassade fartyg, från början mest för att gynna turismen, men efter hand också till stor nytta för stadens invånare.¹⁹⁹

Efter den kraftiga tillbakagången under 1900-talets motorisering av den landbaserade stadstrafiken har en återupptagen och utbyggd sjötrafik och lanserats även i Stockholm och på andra håll i Sverige, både som komplement och i sin egen rätt. Flera utredningar om saken har också genomförts.²⁰⁰ En mer positiv hållning visavi sjötrafiken börjar sprida sig.

Naturligtvis har det hela tiden funnits båt- och färjeförbindelser på många håll i Stockholmsregionen till öar som saknar broförbindelse, inte minst i skärgården där det offentligägda Waxholmsbolaget står för lejonparten av trafiken, och i några fall som länkar i transportleder: Trafikverkets färjor på väg 274 vid Vaxholm,²⁰¹ över Oxdjupet²⁰² och väg 569 vid Skanssundet²⁰³. Förbindelsen Slagsta–Ekerö²⁰⁴ drivs som betaltrafik på uppdrag av Ekerö kommun sedan 1993. Den trafikeras med sex turer i timmen under högtrafik och förmedlar knappt 33 000 fotgängare och 750 000 personbilsekvivalenter per år. Linjen Slussen–Djurgården, med visst fokus på turist- och nöjesresenärer, tillryggäläggs på 8–12 minuter, kan ta 300 personer per tur och förmedlar 2,2 miljoner passagerare per år. Trafiken ingår numera i SL:s reguljära utbud. Delar av Waxholmsbolagets utbud lämpar sig enligt Anna Mellins bedömning från 2009 väl för pendlingsresande: Nacka Strand–Slussen–Lidingö och Ropsten–Djursholm–Storholmen.²⁰⁵

I jämförelse med andra europeiska storstäder har Stockholm en omfattande passagerartrafik på köl.²⁰⁶ Men då denna är koncentrerad till sommarhalvårets turistsäsong får arbetspendlingen antas vara relativt begränsad.²⁰⁷ Den existerande trafikapparaten kan därför förmodas klara en betydande ökning av denna trafik som mest bidrar till återkommande trafikstockningar och trängsel i den landbaserade stadstrafiken.

¹⁹⁸ New York och andra nordamerikanska städer är tydliga exempel på en utveckling likartad den i Stockholm. Vilain, Cox et al. 2012 s. 184, Thompson 2006 s. 25. Till undantagen hör Brisbane, Sipe och Burke 2011 s. 82.

¹⁹⁹ Sipe och Burke 2011.

²⁰⁰ Svanteson och Hansson 2005 s. 6, Mellin 2009.

²⁰¹ 970 meter, 6 minuter.

²⁰² 500 meter, 3 minuter.

²⁰³ 330 meter, 3 minuter.

²⁰⁴ 1 900 meter, 10 minuter.

²⁰⁵ Mellin 2009 s. 1.

²⁰⁶ Mellin 2009 s. 8.

²⁰⁷ Mellin 2009 s. 9.

Traden Hammarby Sjöstad–Nybroplan trafikeras vardagar med tio turer i vardera riktningen. Varje tur tar som mest 170 eller 200 passagerare. Hela sträckan tillryggäläggs på omkring 25 minuter.²⁰⁸ Det rör sig om betaltrafik utanför den landstingsstödda kollektivtrafiken, men med bidrag från Stockholm stad.²⁰⁹ Den har drivits sedan år 2002. Förbindelsen mellan Hammarby Sjöstad och Södermalm är gratis och finansieras helt av Stockholm stad.

Initiativ till pendlingstrafik på stadens inre vattenvägar har vid flera tillfällen tagits av större fastighetsägare och/eller arbetsgivare som subventionerat verksamheten. Omfattningen har varit begränsad och ofta haft en något provisorisk karaktär. De så kallade Blå båtarna kan tjäna som exempel när det gäller trafik på Mälaren. Under hösten 2014 har tre turer avlöp från Riddarholmen och återvänt efter en dryg timme då flera bryggor angjorts, bland annat i Solna. Vasakronan sponsrar trafiken.

Företaget (numera Nacka Strand Fastighets AB) har även sedan länge drivit pendlingstrafik på Saltsjösidan till och från Nacka Strand. Efter politiskt initiativ kontaktades bolaget av Landstinget vilket resulterade i en försöksverksamhet där SL-kortet gällde ombord och trafiken utvidgades.²¹⁰ Trafiken ingår numera i SLs reguljära utbud under benämningen SjöVägen och antalet ombordstigningar har ökat kraftigt, från 197 000 år 2011 till 392 000 tre år senare.

I skriften *Båtpendling för ökad kapacitet* görs beräkningar som landar i att båt, i motsats till vad flera tidigare utredningar gjort gällande, visst kan vara ett realistiskt alternativ och komplement till andra trafikslag.²¹¹ Till fördelarna hör begränsade investeringar i infrastruktur, även i fall då anslutningsvägar, fordonsuppställning och kanske vändplan för buss måste anordnas. I många fall kan också en genare, och därmed en vanligtvis snabbare, resa erbjudas. Anslutningar till andra färdmedel kan ibland vara en utmaning. Utan sådana riskerar trafikantunderlaget att bli begränsat vilket dock i viss mån kan motverkas om cyklar får tas med ombord. Det är ofta som en av flera länkar i förflyttningen mellan start och mål som vattenburen trafik kan skapa betydande positiva värden. I relation till trafiksystemet i stort kan båt både fungera som avlastning av andra pendlingsstråk och som helt nya reserelationer.²¹² Värt att uppmärksamma är att moderna båtar kan hålla samma hastighet som bussar och spårvagnar, dock med reservation för gällande hastighetsbegränsningar (tabell 11). Dessutom kan kapacitet och komfort förbättras genom att anpassa fartyg och bryggor till arbetspendlingens behov.

²⁰⁸ Jansson 2013 s. 12.

²⁰⁹ Mellin 2009 s. 2.

²¹⁰ Ekonomiskt bidrag Landstinget, Nacka kommun, större fastighetsägare i kommunen men också Lidingö kommun Rörby 2015. Traden Nybroplan–Allmänna Gränd–Saltsjöqvarn–Finnboda hamn–Kvarnholmen–Nacka Strand Blockhusudden–Lidingö/Dalénum–Frihamnen tillryggäläggs på omkring en timme. Den trafikeras med närmare 30 turer i vardera riktningen, men något färre vintertid och vissa bara mellan Nybroplan och Saltsjö kvarn. Sjövägen (2015).

²¹¹ Jansson 2013.

²¹² Jansson 2013, Börjesson och Hall Kihl 2013. Mellin pekar på den bristfälliga redovisningen hos en tidigare, negativ bedömning av den samhällsekonomiska lönsamheten hos några båtpendlingslinjer på Stockholms inre vatten. Mellin 2009.

Tabell 11: Antagna värden för sittplatsutbud och hastighet för olika trafikslag.²¹³

	Sittplatser	Hastighet km/h	Sittplatser i relation till pendeltåg
Pendeltåg	750	65	1,00
Tunnelbana	380	35	0,51
Tvårbana	155	23	0,21
Buss	50	23	0,07
Aluminiumbåt	300	22	0,4
Stålbåt	300	22	0,4
Biogasbåt	100	22	0,13

Infrastruktur och fartygsflotta

Naturligtvis finns det plats för fler båtar både längs de trader som idag trafikeras liksom en rad andra, samt vid de färjelägen som angörs. Inte heller är alla båtar fullsatta. Den stora utmaningen för att nyttiggöra den potential som den vattenburna trafiken erbjuder handlar dock inte i första hand om att fylla de båtar som går i trafik eller att öka antalet turer på existerande linjer. Snarare handlar det om att återupprätta sjötrafiken som en självklar del av det lokala transportsystemet. Det gäller både på producentsidan – att skapa institutionella former som likställer denna med annan kollektivtrafik – och på konsumentensidan – att övertyga resenärerna om att båttrafiken är ett fullgott inslag i vardagsresandet. De förväntade trafikproblemen i samband med Slussens förestående ombyggnad öppnar möjligheter för att låta sjötrafiken visa sin kapacitet.

Färjetrafik i storstäder som Stockholm besitter en stor transportpotential. Den kan skapa nya reserelationer på ett snabbare, billigare och miljövänligare sätt än att bygga tunnlar, broar eller nya vägar. Den kan också komplettera och avlasta hårt trängseldrabbade trafikleder och den kan också öka redundansen i trafiksystemet och erbjuda ett alternativ vid tillbud och katastrofer. Essingeledens sårbarhet har i diskussionerna om Förbifart Stockholm anförts som argument för den nya leden. Denna kommer dock att stå klar först om ett decennium och under tiden kan det vara lämpligt att bygga upp en beredskap med sjötrafiken som grund.

Den potentiellt lediga kapaciteten inom sjötrafiken är stor, givet att vissa investeringar i tillfartsvägar, anslutningstrafik, landstigningsplatser och flotta genomförs. Den uppmärksammas också i Trafikverkets bristanalys från 2012.²¹⁴

²¹³ Källa: Jansson 2013 s. 16.

²¹⁴ Trafikverket 2012c s. 195.

Överkapacitet

Fordonsanvändning och -uppställning

Endast en mindre del av fordonsflottan tas i anspråk på en och samma gång. Många fordon står standby, beredda att användas vid behov. Den genomsnittliga tidsanvändningen för personbilar har beräknats till fyra procent.²¹⁵ Några motsvarande uppgifter för cykel finns såvitt bekant inte. Med tanke på det mycket stora beståndet av cyklar som finns i så gott som varje källare är den motsvarande procentsatsen här sannolikt betydligt lägre. Särskilt om alla de cyklar som skulle bli brukbara efter mindre underhåll tas med. Fordon inom åkerinäringen och taxi kan antas ha ett högre nyttjande, med tanke på de ekonomiska incitament som där råder. Sannolikt skulle fordon i distributionstrafik kunna användas under större del av dygnet om bullerproblemen kunde hanteras. Även för bilar ägda av företag utanför åkeribranschen finns ekonomiska drivkrafter bakom en högre användning än i hushållssektorn, men sannolikt i något mindre utsträckning, på grund av större värde av att ha transportmöjligheter till hands.

Kollektivtrafikens fordon används i enlighet med tidtabeller som anpassas efter efterfrågans storlek och variationer. Med en i tiden jämnare spridd efterfrågan skulle sannolikt dessa fordon användas mer än vad som nu är fallet. Saken har emellertid inte studerats i denna utredning. Med prioritering för bussar kan ett mindre antal fordon klara en likvärdig trafikering.

Ett ökat samnyttjande av personbilsparken kan ske genom samägande, bilpoler, uthyrning på kommersiell eller privat basis, hyrbilssystem som till exempel autolib i Paris och taxi. Till de vinster som då uppstår hör minskat behov av och bättre tillgång till parkeringsplatser, vilket i sin tur leder till minskad söktrafik för att finna parkeringsplats. I byggnadsverksamheten kan stora besparingar göras genom reducerade parkeringstal. Med färre personbilar blir det också lättare för distributionstrafiken att komma intill platser för lossning. Miljövinster finns också att hämta i tillverknings-, underhålls- och skrotningsleden.

I en studie av trafikytornas förändring i Lunds tätort under perioden 1940 till 2010 har andelen sådana ytor uppskattats till 14 procent vid periodens början och 22 vid dess slut; 25 procent om så kallad dold parkering tas med (i källare, parkeringshus, parkering i flera plan och enskilda parkeringsplatser i markplanet som inte fångats in med hjälp av den använda metoden).²¹⁶ Andelen vägyta var relativt konstant med i storleksordningen 10 procent av den totala tätortsytan. Den stora ökningen har skett genom parkeringsytornas tillväxt från en till fem procent. Med den dolda parkeringen rör det sig om mer än 8 procent, medan järnvägsytornas andel minskat och impediment och buffertytor runt parkeringsanläggningarna ökat från noll till sammanlagt 3 procent. År 2010 uppskattades det öppna parkeringsutrymmet per bil

²¹⁵ Lundin 2008 s. 48 not 6, och Institutet för transportforskning (1991) s. 8. Shoup 2005 s. 624 anger fem procent.

²¹⁶ Karlsson 2011 s. 61.

till omkring 180 kvadratmeter och med den dolda parkeringen 285 kvadratmeter. Skattningen av antalet bilar i Lund har dock skett med en osäker metod. Trafikytorna per person har växt från 23 kvadratmeter till 66 och med den dolda parkeringen inräknad, till 76 kvadratmeter vilket motsvarar knappt tre platser per bil. I fyra amerikanska delstater tydde en undersökning på att varje bil hade tillgång till drygt 2,5 parkeringsplatser.²¹⁷

Effekt och hastighet

Den svenska personbilparken har en sammanlagd effekt av i storleksordningen 400 GigaWatt (4,7 miljoner fordon i trafik och med antagande om i genomsnitt knappt 100 kW per bil) att jämföras med den svenska kärnkraftens 10 verk som tillsammans når upp till omkring 10 GigaWatt. I genomsnitt för hela landet används 20 procent av motoreffekten av maximal dito under den tid som bilen används²¹⁸ vilken uppgår till omkring fyra procent. Det vill säga att omkring 0,8 procent av den totala effekten kommer till användning. De två mest sålda bilarna i Sverige 2013 var Volvo V70, med en topphastighet på omkring 200 kilometer i timmen och Volkswagen Passat med mellan 195–220 kilometer i timmen beroende på modellutförande. Högsta tillåtna hastighet på svenska vägar är 120 kilometer i timmen. Topphastigheten hos dessa bilar överskrider således högsta tillåtna hastighet med omkring två tredjedelar. Mycket talar för att mindre kapacitetsstarka, och därmed billigare, motorer i lättare bilar skulle klara de instrumentella behov som dessa maskiner har att svara mot om de håller sig inom lagens gränser. Samma transportnytta skulle kunna nås till lägre kostnader för hushåll och företag, men då har statusfaktorn inte beaktats.

²¹⁷ Discovery Newsletter 2013.

²¹⁸ Enligt uppgift från Jonas Åkerman, KTH.

Effektivitet och hållbar utveckling

Det har visat sig mycket svårt att länka in stadstrafiken i en mer hållbar riktning, i synnerhet att minska dess klimatpåverkan och dess inverkan på den lokala stadsmiljön och de växande stadsregionernas långtgående utbredning. Ur detta perspektiv kan de stora rationaliseringsvinster som påvisats i denna rapport ge hopp om en framtida, mer hållbar utveckling av stadstrafiken. Samtidigt är det viktigt att observera den lockelse som ligger i att konsumera mer när varor och tjänster kan göras billigare och enklare att använda – ett fenomen som brukar benämnas rekyl- eller reboundeffekter. Ett välkänt exempel är att energianvändningen inom vägtrafiken ökat samtidigt som bilmotorerna blivit allt mer energisnåla, vilket bland annat skett genom ett ökat resande men också ett växande inslag av större, tyngre och starkare modeller i bilparken.²¹⁹

I själva verket är det mycket vanligt att en ökad effektivisering inte leder till en minskad förbrukning av den aktuella resursen i motsvarande grad. En del av rationaliseringsvinsten äts upp av en ökad användning. I vissa fall synes effektivare processer till och med leda till att den sammanlagda förbrukningen ökar. Ett sådant samband påvisades av den brittiske ekonomen Stanley Jevons redan 1865 gällande effektivisering vid användningen av kol. I vilken utsträckning effektivitetsvinster verkligen orsaker en ökad energianvändning – känd under beteckningen backfire – är emellertid omtvistat. Att effekten förekommer framstår dock som sannolikt.²²⁰ Allmänt accepterat är däremot att effektivitetsvinster på kort sikt ofta reduceras genom ökad användning men då vanligen med betydligt mindre än 100 procent. Effekter på 30 procent, eller mindre, är vanliga. På längre sikt och för hela ekonomin är dock effekterna sannolikt större.²²¹

På trafikområdet är förhållanden i vissa avseenden likartade. Effektiviserade, eller på annat sätt förbättrade vägar lockar till sig mer trafik som kallats genererad trafik.²²² Om den potentiellt lediga kapacitet som ovan identifierats på Essingeleden kan tas i anspråk kan detta i vissa avseenden jämföras med bygget eller breddningen av en väg. De trafikmässiga följderna kan bli likartade, men den miljöbelastning som vägbygget innebär uteblir givetvis. Det förlopp som följer på en sådan ökning av vägutbudet kan schematiskt beskrivas på följande sätt. I ett första skede minskar köbildningen och hastigheten på vägen ökar. Vägen drar till sig mer trafik på grund av att det går snabbare att resa. Det handlar om när man åker, vilken rutt som väljs liksom destinationer för resan samt också val av färdmedel. Som en anpassning till de förändrade res- och transportmöjligheterna ändras markanvändningen. Den blir mer utspridd och anpassad till bilresandet. Slutligen, som ett fjärde steg påverkas andra trafikslag negativt genom biltrafikens ökande marknadsandelar. Mer biltrafik och fler

²¹⁹ Wackernagel och Rees 1997 om utvecklingen i den amerikanska bilparken 1970–1989, s. 18. Jägerbrand, Dickinson et al. 2014 s. 32ff.

²²⁰ Sorrell 2009.

²²¹ Dimitropoulos 2007 s. 6360.

²²² Litman 2015b s. 2.

bilvägar försämrar förutsättningarna för gång och cykel samtidigt som minskade efterfrågan på kollektiva transporter hotar att leda till ett försämrat utbud.²²³

Slutsatsen av detta är att en effektivisering – ett ianspråktagande av de lediga och potentiellt lediga resurser i stadstrafiken som identifierats i denna rapport – inte fullt ut, inte alls eller, rent av, motverkar en eftersträvad minskning av energianvändning och utsläpp av klimatgaser.²²⁴

För att positiva miljöeffekter ska kunna nås krävs därför att insatserna för de olika trafikslagen samordnas och att den dramatiskt ökade efterfrågan på bilresandet som sannolikt skulle bli följden av att framkomligheten på huvudvägnät förbättrades, balanseras genom avgifter. När det gäller energisektorn har Wackernagel och Rees kommit fram till att enda sättet att hantera att effektivitetsförbättringar kan leda till ökad energianvändning är att de skattas bort eller avlägsnas på något annat sätt från det ekonomiska kretsloppet.²²⁵ Möjligheterna att använda vägavgifter för att hantera rekyleffekter i vägtrafiken påtalas bland annat i en vision för hur stadstrafikens problem kan lösas i framtiden.²²⁶

²²³ Litman 2015b s. 6. En omfattande studie av relationen mellan vägutbyggnad och trafik i USA åren 1983 och 2003 dras slutsatsen att ökat vägbyggande inte leder till minskad trängsel eftersom trafiken ökar i samma grad. Författarna till studien menar att trängselavgifter är den främsta kandidaten när det gäller att motverka trafikstockningar. Duranton och Turner 2011 s. 2646. Intressant nog finner de att också utbyggd kollektivtrafik är verkningslös i detta avseende. Lokala studier av hårt belastade vägsträckor där det finns parallell kollektivtrafik på egna banor eller filer motsäger emellertid detta. I sådana fall har mycket betyade effekter registrerats. Anderson 2014.

²²⁴ Jägerbrand, Dickinson et al. 2014.

²²⁵ Wackernagel och Rees 1997 s. 20.

²²⁶ Gullberg 2012 s. 68.

Slutsatser

Det finns en mycket stor ledig kapacitet inom stadstrafiken i många storstäder. I personbilar som rullar finns i genomsnitt 3,8 lediga platser och de står parkerade 96 procent av tiden. Svåra stockningar förekommer bara på en mycket liten del av väg- och gatunätet och där också bara under begränsade delar av dagen, veckan och året. Vissa trafikslag är mycket ekonomiskt, kapacitets-, miljö- och utrymmesmässigt effektivare än andra. Bussar förmedlar sju gånger fler resenärer än personbilar i stadstrafiken och är fem gånger bättre miljömässigt. Ytmässigt är pendling med spårtrafik 60 gånger så effektivt som med personbil. Med reserverade körfält kan bussar klara 15 gånger så många passagerare som personbilar. Undviks stopp i fordonsflödet på motorvägar kan tusentals fler bilar komma fram. Ett exempel: Med en minskning om 500 bilar innan sammanbrottet kan ytterligare nästa 10 000 bilar komma fram de närmaste timmarna. Lokala spår kan användas för godstrafik under nattetid. En jämnare fördelning av resenärer mellan kollektivtrafikens vagnar, bussar och tåg skulle göra det möjligt för fler att resa. När spåren inte räcker till eller inte hunnit byggas ut är parallell trafik med snabbussar på reserverade körfält en effektiv lösning. Reversibla och reserverade körfält för kollektiv- och annan effektiv trafik frigör stor outnyttjad kapacitet. Vattenvägarna kan användas i större utsträckning och kopplas till annan trafik.

Med självstyrande fordon menar vissa bedömare att bilparken skulle reduceras, kanske till en tiondel av dagens och att fyra gånger fler bilar kommer fram på vägarna. Det är emellertid oklart om dessa bedömningar är realistiska och ännu mer ovisst om dylika fordon kommer att slå igenom på bred front inom överskådlig tid. Om så sker ökar kapaciteten dramatiskt.

Fokus i media, politik och forskning har riktats mot tillfällena av överbelastning vilket gett upphov till betydande kunskapsluckor. Empiriskt grundade kunskaper om stadstrafiken är överraskande bristfälliga. Många undersökningar och beslut bygger på skakigt underlag och modellberäkningar med oklar relation till faktiska förhållanden. Kompletteringar är önskvärda, inte minst om nyttotrafiken och om fordonssammansättning och ändamål samt start- och målpunkter för de trafikanter och transportörer som fastnar i vägnätets köer.

De resultat som redovisas i denna rapport aktualiserar två frågor: är fortsatta storskaliga investeringar i trafikinfrastruktur för lågeffektiva transportmedel lämpliga och varför kan inte resenärer och transportörer i storstadstrafiken erbjudas bättre tjänster än de som de nu får hålla tillgodo med?

En övergripande och utmanande fråga är: hur skulle den mycket stora lediga kapacitet som blottlagts i denna studie kunna användas och fördelas så att alla, inklusive klimatet och stadsmiljön, kan tjäna på en ny ordning? Den högre effektiviteten kan i sig öka resandet och de miljömässiga vinsterna kan då urholkas, helt försvinna eller vändas i sin motsats. Effektivitetshöjande åtgärderna behöver därför ofta kompletteras med andra insatser.

Tabell 12: Ledig kapacitet i stadstrafiken.²²⁷

Typ av resurs	Kommentar	Ledig kapacitet
Ledig kapacitet på väg – infrastruktur		
Ej eller måttligt trängseldrabbade gator och vägar	Gäller 99 % av körfältssträckan	Mycket stor
Trängseldrabbade gator och vägar under trängselfria perioder	Exempel från vardagstrafik på Essingeleden	Mycket stor. Ca 50 000 fordon per dygn. Den total trafik uppgår till ca 67 000
Ledig kapacitet på väg – fordon		
Belägningsgrad i personbilar	Ökning från 1,2 till 1,4 personer per bil ger sju procents minskning av trafiken	Oerhört stor potential. Trafikminskning med sju procent en möjlig början
Belägningsgrad i bussar	Ej undersökt. Stora variationer	Mycket stor på vissa linjer och turer
Belägningsgrad i tunnelbanan	Annan utformning av vagnar och sänkta komfortkrav ger kapacitetsökning	Måttlig potential
Belägningsgrad i nyttotrafiken	Ej undersökt, både person- och godstransporter	Mycket stor
Potentiellt ledig kapacitet på väg, köer		
Minskad köbildning leder till ökat trafikflöde	Exempel från Essingeleden. Minskat inflöde 500–1 000 fordon före sammanbrottet i morgonrusningen	Stor. Köfrihet under morgonrusningen ökar kapaciteten med 5 000–10 000 fordon ca 10 % av dygnstrafiken
Potentiellt ledig kapacitet på väg, fordonsmix		
Personbilar → bussar	Effektiviseringskoefficient 7	Mycket stor. Övergång av 10 % leder till 6 % trafikminskning
Ökad andel bilar med automatik, här CACC	Effekter kanske märkbara vid 5 % av fordonen	Ganska stor. 25 % marknadspenetration ger troligen 10 % trafikeffektivisering
Potentiellt ledig kapacitet på väg, justering av utbudet		
Störningshantering	Ännu snabba insatser vid olyckor och andra	Betydande. Ej bedömd

²²⁷ Källa: olika passager i denna rapport.

	störningar	
Gatukorsningar	Adaptiv reglering känner av trafiksituationen	Betydande särskilt i innerstaden. Ökar effektivitet med viss potential att hindra sammanbrott. Ej bedömd
Påfartsramper	Används för att hindra sammanbrott på starkt trafikerade leder	Oklar potential. Ej bedömd
Reversibla körfält	Passar bäst vid osymmetriska flöden på väg	Kan vara mycket stor. Ej bedömd
Reserverade bussfiler	Bäst då bussar fastna i bilköer	Stor, men kan leda till ökade trafikstockningar
Dynamiskt reserverade bussfiler	Bäst då bussar fastna i bilköer	Stor, högre kapacitet för bussar. Kan leda till liten försämring för den generella trafiken
Bussfiler med annan nyttotrafik	Bäst då bussar fastna i bilköer	Stor, högre kapacitet för bussar och för nyttotrafiken som ofta saknar alternativ
Bussfiler med annan nyttotrafik och HOV	Bäst då bussar fastna i bilköer	Stor, högre kapacitet för bussar och för nyttotrafiken som ofta saknar alternativ. Effekten av HOV omtvistad
Ledig kapacitet på spår – infrastruktur		
Flera tåglägen	Tätare trafik är möjlig i vissa, men inte alla spårssystem. Tunnelbanan kan öka trafiken under lågtrafik	Relativt stora möjligheter på vissa banor, särskilt på udda tider. Urban godstrafik i tunnelbanan? På andra håll krävs nya spår för ökad trafikering
Ledig kapacitet på spår – fordon		
Jämnare fördelning mellan tåg	Stora variationer i antal passagerare mellan tunnelbanetåg. Sannolikt också mellan tåg och spårvagnar (ej undersökt)	Begränsad. Ger minskad trängsel på vissa tåg. Ledig kapacitet i lågtrafik och i periferin. Kapacitetshöjning 30 % förutsätter attityd- och tekniska förändringar
Jämnare fördelning mellan vagnar	Stora och konstanta skillnader i vagnarnas beläggning i tunnelbanan Sannolikt också i annan	Begränsad. Utjämning ger minskad högtrafikträngsel i vissa vagnar men inte tillräckligt för att frigöra

	spårtrafik (ej undersökt)	ytterligare kapacitet
Andra vagntyper	Andra städer har tunnelbana med mycket högre kapacitet. Kräver bl.a. andra vagnar och större trängseltolerans	Betydande. Kapacitetshöjning 30 % eller mer
När spåren inte räcker till		
Parallell busstrafik på reserverade fält	Se ovan om typer av filreservationer	Stor. 5 000–9 000 resande per timme
Potentiellt ledig kapacitet på vatten		
Fartygstyper, bryggor, anslutningstrafik	Med relativt begränsade investeringar kan betydande kapacitet nås	Stor, särskilt i relationer där annan trafik saknas. Ej besömd
Överkapacitet		
Fordonsflotta	Samåkning och samdisposition ger stora möjligheter till reducerad bilpark. Ökad effektivitet i busstrafiken medför att färre fordon behövs	Besparingar i hushållssektorn, minskat behov av parkeringsplatser, lägre parkeringstal vid bostadsexploatering
Motoreffekt	Bråkdel av personbilarnas motoreffekt används	Besparingar i hushållssektorn. Billigare bilar klarar transportbehoven
Topp hastighet	Endast en del av kapaciteten används	Besparingar i hushållssektorn. Billigare bilar klarar transportbehoven

Referenser

- Agatz, N., A. Erera, M. Savelsbergh och X. Wang (2012). "Optimization for dynamic ride-sharing: A review." *European Journal of Operational Research* **223**(2): 295–303.
- Alessandrini, A., A. Cattivera, C. Holguin och D. Stam (2014). *CityMobil2: Challenges and Opportunities of Fully Automated Mobility*. Road Vehicle Automation. G. Meyer och S. Beiker: 169–184.
- Almström, P., W. Andersson, S. Berglund, L. Berglund, K. Pettersson och S. Scheele (2009). *Trafikanalyser: underlag i arbetet med ny regional utvecklingsplan RUFS 2010–oktober 2008*. Stockholms läns landsting. Regionplane- och trafikkontoret. Arbetsmaterial 2:2009, Stockholm.
- Amey, A., J. Attanucci och R. Mishalani (2011). "Real-Time Ridesharing Opportunities and Challenges in Using Mobile Phone Technology to Improve Rideshare Services." *Transportation Research Record* (2217): 103–110.
- Anderson, M. L. (2014). "Subways, Strikes, and Slowdowns: The Impacts of Public Transit on Traffic Congestion." *American Economic Review* **104**(9): 2763–2796.
- Benkler, Y. (2004). "Sharing nicely: On shareable goods and the emergence of sharing as a modality of economic production." *Yale Law Journal* **114**(2): 273–+.
- Berg, S., A. Sjöholm, J. McDaniel och J. Standar (2014). *Helhetsperspektiv – Flaskhalsar*. Ramböll Sverige AB, Stockholm.
- Berg, S., och K-L. Bång (u.å.). *Kapacitetsberäkning Gångtrafikanläggningar*. Handbok för kapacitetsberäkning i GC-anläggningar. Trafikverket. TRV2013/92038.
- Bertini, R. L. (2006). *You Are the Traffic Jam: An Examination of Congestion Measures*. 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Bierstedt, J., A. Gooze, C. Gray, J. Peterman, L. Raykin och J. Walters (2014). *Effects of Next-generation Vehicles on Travel Demand and Highway Capacity*, FP Working Group Memebbers.
http://orfe.princeton.edu/~alaink/Papers/FP_NextGenVehicleWhitePaper012414.pdf. Konsulterad den 24 oktober 2014.
- Binsbergen, v. och P. H. L. Bovy (2001). *Sustainable underground urban goods distribution networks*, i E. Feitelson och E. T. Verhoef (utg.) *Transport and environment: in search of sustainable solutions*. Cheltenham, 157–178.
- Bloomberg Business (2015) *Google vs. Uber: The Fight to Drive the World*.
<http://www.bloomberg.com/news/videos/2015-02-03/tech-fight-to-rule-the-road-google-vs-uber>. Konsulterad den 6 februari 2015.
- Brynjolfsson, E. och A. McAfee (2014). *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York.
- Burns, L. D., W. C. Jordan och B. A. Scarborough (2013). *Transforming Personal Mobility*, The Earth Institute, Columbia University.
<http://sustainablemobility.ei.columbia.edu/files/2012/12/Transforming-Personal-Mobility-Jan-27-20132.pdf>. Konsulterad den 6 februari 2015.
- Börjesson, A. och S. Hall Kihl (2013). *Omvärldsanalys urbana vattenvägar – resultat av informationssökning*, Vattenbussen AB.
<http://46.22.123.170/xpo/bilagor/20130626123707.pdf>. Konsulterad den 14 februari 2015.
- Carlsson, A. och M.-R. Yahya (2005). *Trafikmätningar på Essingeleden 2004*. Trängsel och fördröjningar. VTI notat. Linköping.

- Cats, O. (2013). RETT3– Final Report. A Field Experiment for Improving Bus Service Regularity. KTH Stockholm. http://www.ctr.kth.se/publications/ctr2013_01.pdf. Konsulterad den 3 februari 2015.
- Cervero, R., D. A. Aschauer (1998). Economic impact analysis of transit investments: guidebook for practitioners, Washington.
- Chan, N. D. och S. A. Shaheen (2012). "Ridesharing in North America: Past, Present, and Future." *Transport Reviews* **32**(1): 93–112.
- Currie, G. och M. Sarvi (2012). "New Model for Secondary Benefits of Transit Priority." *Transportation Research Record* (2276): 63–71.
- DeLoach, S. B. och T. K. Tiemann (2012). "Not driving alone? American commuting in the twenty-first century." *Transportation* **39**(3): 521–537.
- Dickinson, J. (2014). Uppföljning av länsplaner för transportinfrastruktur 2014–2025. Förslag på indikatorer för uppföljning., Länsstyrelserna.
- Dimitropoulos, J. (2007). "Energy productivity improvements and the rebound effect: An overview of the state of knowledge." *Energy Policy* **35**(12): 6354–6363.
- Discovery Newsletter (2013). "Parking Lots Outnumber Cars in Some States." Autos. <http://news.discovery.com/autos/parking-lots-urban.htm>. Konsulterad den 14 oktober 2014.
- Duranton, G. och M. A. Turner (2011). "The Fundamental Law of Road Congestion: Evidence from US Cities." *American Economic Review* **101**(6): 2616–2652.
- Federal Highway Administration (u.å.) H. S. I. S. Evaluation of Lane Reduction "Road Diet" Measures on Crashes. U. S. D. o. T. F. H. Administration. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/10053/10053.pdf>. Konsulterad den 24 oktober 2014.
- Firth, D. (2012). Framkomlighetsstrategin. Trafikkontoret, Stockholm stad, Stockholm.
- Fontes, T., P. Fernandes, H. Rodrigues, J. M. Bandeira, S. R. Pereira, A. J. Khatkhat och M. C. Coelho (2014). "Are HOV/eco-lanes a sustainable option to reducing emissions in a medium-sized European city?" *Transportation Research Part a-Policy and Practice* **63**: 93–106.
- Forum for the Future och EMBARQ (2010). Megacities on the move, sustainable urban mobility in 2040. <http://www.forumforthefuture.org/sites/default/files/project/downloads/megacitiesfullreport.pdf>Konsulterad den 2 november 2014.
- Glover, J. (2006). "World Class Metro, Hong Kong style." *Modern Railways* (June): 71–73.
- Griffe, P. (2000). "Year one of Motor Operations: an assessment." *Public Transport International*: 15–17.
- Guler, S. I. och M. J. Cassidy (2012). "Strategies for sharing bottleneck capacity among buses and cars." *Transportation Research Part B-Methodological* **46**(10): 1334–1345.
- Gullberg, A. (2001). City: drömmen om ett nytt hjärta. D. 2. Stockholm.
- Gullberg, A. (2012). "Så kan informationssamhällets landvinningar lösa stadstrafikens problem." *Plan* **66**(5–6): 64–71.
- Haatveit, T. K. (1987). Bilkøene blir flere i år 2000. Aftenposten den 6 november s. 5.
- Handke, V. och H. Jonuschat (2013). Flexible Ridesharing: New Opportunities and Service Concepts for Sustainable Mobility. Berlin.
- Holmberg, S. (1953). "Båtarna i den kollektiva lokaltrafikens tjänst i Stockholm." *Meddelanden från Svenska Lokaltrafikföreningen* **10**(4): 149–165.

- IEEE (u.å.). News Releases.
http://www.ieee.org/about/news/2012/5september_2_2012.html. Konsulerad den 7 februari 2015.
- Institutet för transportforskning (1991). Parkeringsanläggningar: Planering, utformning och drift. TFK rapport 1991:5, Stockholm.
- Jakle, J. A. och K. A. Sculle (2004). Lots of parking: land use in a car culture. Charlottesville.
- Jansson, J. O. (1996). Transportekonomi och livsmiljö. Stockholm.
- Jansson, K. (2013). Båtpendling för ökad kapacitet. Trafikanalys, Stockholm.
- Johansson, C., M. Norman och L. Burman (2011). Vad dubbdäcksförbudet på Hornsgatan har betytt för luftkvaliteten. Miljöförvaltningen i Stockholm. Stockholm.
http://www.stockholm.se/Global/Frist%c3%a5ende%20webbplatser/Trafikkontoret/Vinterd%c3%a4ck/slb2011_002.pdf. Konsulerad den 24 oktober 2014.
- Johansson, M. (2008). Nya färjeleder i Stockholm, Vägverket, Solna.
- Jägerbrand, A. K., J. Dickinson, M. Viklund, S. Dahlberg och A. Mellin (2014). Rebound effects of energy efficiency measures in the transport sector in Sweden. VTI rapport 827A, Linköping.
- Karlsson, C. (2011). Hur stor plats tar trafiken egentligen? Studie av trafikytor i Lund, från 1940 till 2010, examensarbete.
http://www.trivector.se/fileadmin/uploads/Traffic/Examensarbeten/Karlsson_Christine_Hur_stor_plats_tar_trafiken_egentligen.pdf. Konsulerad den 4 februari 2015.
- Kerner, B. S. och S. L. Klenov (2009). "A Study of Phase Transitions on Multilane Roads in the Framework of Three-Phase Traffic Theory." *Transportation Research Record* (2124): 67–77.
- Kesting, A., M. Treiber, M. Schönhof och D. Helbing (2008). "Adaptive cruise control design for active congestion avoidance." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* **16**(6): 668–683.
- Knight, W. (2013). Driverless cars are further away than you think, *Technology Review*, **116**: 44.
- Kronborg, P. (2011). Flaskhalsar för busstrafiken i Stockholms län. Trafikverket, Sundbyberg.
- Kronborg, P. och F. Davidsson (2004). Adaptiv styrning av Stockholms trafiksignaler: kunskapssammanställning och förslag. Movea trafikonsult AB, Stockholm.
- Kronborg, P. och F. Davidsson (2008). Flaskhalsar och köer i Stockholmstrafiken: en inventering i maj 2008 med flygplan, bil och cykel, med hjälp av MCS-data, restidskameror och andra källor, Movea Trafikkonsult AB, Stockholm.
<http://www.movea.se/Del%201%200%202%20Flaskhals%20slutrapport.pdf>.
- Lardinois, F. (2015). "Autonomous Cars Are Closer Than You Think."
<http://techcrunch.com/2015/01/18/autonomous-cars-are-closer-than-you-think/>. Konsulerad den 7 februari 2015.
- Levinson, D. och L. Zhang (2006). "Ramp meters on trial: Evidence from the Twin Cities metering holiday." *Transportation Research Part a-Policy and Practice* **40**(10): 810–828.
- Li, P. F. och J. R. Walton (2013). "Evaluating Freeway Service Patrols in Low-Traffic Areas Using Discrete-Event Simulation." *Journal of Transportation Engineering* **139**(11): 1095–1104.
- Lind, G., P. Strömgren och F. Davidsson (2014) Effekter av självstyrande bilar. Litteraturstudie och probleminventering – Förstudie. Movea, Stockholm.
- Lindley, J. A. (1989). "Urban Freeway Congestion Problems and Solutions – An Update." *Journal-Institute of Transportation Engineers* **59**(12): 21–23.

- Litman, T. (2015a). Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implementations for Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute. <http://www.vtpi.org/avip.pdf>. Konsulterad den 1 mars 2015.
- Litman, T. (2015b) Generated Traffic and Induced Travel. Implications for Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute. <http://www.vtpi.org/gentraf.pdf>. Konsulterad den 1 mars 2015.
- Lundin, P. (2008). Bilsamhället: ideologi, expertis och regelskapande i efterkrigstidens Sverige, Stockholm.
- Lundin, P. och A. Gullberg (2011). Stockholm's Urban Development. i M. Höjer, A. Gullberg och R. Pettersson (utg.) Images of the future city: time and space for sustainable development. Dordrecht, 77–99.
- Lämmer, S. och D. Helbing (2008). Self-Control of Traffic Lights and Vehicle Flows in Urban Road Networks. <http://arxiv.org/pdf/0802.0403.pdf>. Konsulterad den 16 november 2014.
- Lämmer, S. och D. Helbing (2010). Self-Stabilizing Decentralized Signal Control of Realistic, Saturated Network Traffic. SFI Working paper: 2010-09-019, Santa Fe Institute. <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/10-09-019.pdf>. Konsulterad den 16 november 2014.
- Länsstyrelsen i Stockholm (2014). Länsplan för regional transportinfrastruktur i Stockholms län 2014–2025. Rapport 2014:11, Stockholm.
- Ma, S., Y. Zheng, O. Wolfson och Ieee (2013). T-Share: A Large-Scale Dynamic Taxi Ridesharing Service. 2013 Ieee 29th International Conference on Data Engineering: 410–421.
- Marchau, V., W. Walker och R. van Duin (2008). "An adaptive approach to implementing innovative urban transport solutions." Transport Policy **15**(6): 405–412.
- McDonnell, S. och M. Zellner (2011). "Exploring the effectiveness of bus rapid transit a prototype agent-based model of commuting behavior." Transport Policy **18**(6): 825–835.
- Mellin, A. (2009). Granskning av "Båtpendling på inre vattenvägar". Kungliga tekniska högskolan, Stockholm.
- Morán Toledo, C. A. (2008). Framework for estimating congestion performance measures: from data collection to reliability analysis: case study of Stockholm, Transporter och samhällsekonomi, Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm.
- Morán, C. A. (2011). Relevance and reliability of area-wide congestion performance measures in road networks. Kungliga tekniska högskolan, Stockholm.
- National Highway Traffic Safety Administration (2013) U.S. Department of Transportation Releases Policy on Automated Vehicle Development. <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/U.S.+Department+of+Transportation+Releases+Policy+on+Automated+Vehicle+Development>. Konsulterad den 6 februari 2015.
- Nilsson, J., R. Pyddoke och J. Swärdh (2012). Fyrstegsprincipen i praktiken: tre underlagsrapporter för Riksrevisionens granskning av transportpolitiken. VTI notat 40-2012. <http://vti.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A669290&dswid=-5291>. Konsulterad den 24 oktober 2014.
- Nissan, A. (2010). Evaluation of variable speed limits: empirical evidence and simulation analysis of Stockholm's motorway control system, Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm.

- Nordström, M. (2012). Resandeutveckling tunnelbanan t.o.m. 2011, ÅF-Infrastruktur AB, Stockholm.
- Notis (1927). Svenska vägföreningens tidskrift **3**: 515.
- Okumura, Y. (2014). Activities, Findings and Perspectives in the Field of Road Vehicle Automation in Japan i G. Meyer och S. Beiker (utg.) Road Vehicle Automation. Cham, 37–46.
- O'Toole, R. (2010). Gridlock: Why We're Stuck in Traffic and What To Do About It. Washington.
- Regeringen (2002). Infrastruktur för ett långsiktigt hållbart transportsystem, proposition 2001/02:20.
- Regeringen (2012). Planeringssystem för transportinfrastruktur, prop. 2011/12:118.
- Regeringen (2013). Utbyggnad av tunnelbanan och ökad bostadsbebyggelse i Stockholms län, Kommittédirektiv 2013:22. Kommittédirektiv Stockholm.
- Regionplane- och trafikkontoret (2001). Trafikanalys RUF 2001. Stockholm. Rapport 2001:12.
- Rijssenbrij, J. C., B. A. Pielage och J. G. Visser (2006). State-of-the-art on automated (underground) freight transport systems for the EU-TREND project, Delrf University of Technology. <http://www.johanvisser.nl/mediapool/51/519305/data/State-of-the-art-AFTS-EU-TREND-March2006-FINAL.pdf>. Konsulterad den 2 november 2014.
- Rörby, A. (2015). Personligt meddelande "Några synpunkter på 'Ledig kapacitet på vatten' Anders Gullberg, 2015-02-17".
- Samuel, P. (2005). "HOV lanes clogged with hybrids complicate toll plan." <http://tollroadsnews.com/news/hov-lanes-clogged-with-hybrids--complicate-toll-plan>. Konsulterad den 28 oktober 2014.
- Santos, G., H. Behrendt och A. Teytelboym (2010). "Part II: Policy instruments for sustainable road transport." Research in Transportation Economics **28**(1): 46–91.
- Sarzynski, A., H. L. Wolman, G. Galster och R. Hanson (2006). "Testing the conventional wisdom about land use and traffic congestion: The more we sprawl, the less we move?" Urban Studies **43**(3): 601–626.
- Schrank, D., B. Eisele och T. Lomax (2012). TTI's 2012 urban mobility report, The Texas A&M University System. Texas Transportation Institute. University Transportation Center for Mobility: 1–64.
- Shah, N., S. Kumar, F. Bastani och I. L. Yen (2012). "Optimization models for assessing the peak capacity utilization of intelligent transportation systems." European Journal of Operational Research **216**(1): 239–251.
- Shewmake, S. (2012). "Can Carpooling Clear the Road and Clean the Air? Evidence from the Literature on the Impact of HOV Lanes on VMT and Air Pollution." Journal of Planning Literature **27**(4): 363–374.
- Shoup, D. C. (2005). The high cost of free parking. Chicago, Planners Press, American Planning Association.
- Silberg, G. och R. Wallace (2012). Self-driving cars: The next revolution, KPMG LLP, Center for Automotive Research (CAR). <http://www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/self-driving-cars-next-revolution.pdf>. Konsulterad den 1 mars 2015.
- Sipe, N. och M. I. Burke (2011). "Can River Ferries Deliver Smart Growth? Experience of CityCats in Brisbane, Australia." Transportation Research Record (2217): 79–86.
- Sjöstrand, H., S. Fält, K. Neergaard, A. Persson och L. Indebetou (2014). Nyttan med busskörfält. Effekter för miljön, resenärerna och samhället. Trivector Traffic, Göteborg.

- [http://www.trafikverket.se/contentassets/886fc6c7205644f5bfoa54b3ae06f45c/rappo
rt_busskorfalt_kv_3_2014.pdf](http://www.trafikverket.se/contentassets/886fc6c7205644f5bfoa54b3ae06f45c/rappo
rt_busskorfalt_kv_3_2014.pdf). Konsulterad den 2 februari 2015.
- Sjövägen (2015) Åk med SjöVägen – SLs nya kollektivtrafik i Stockholms inre farvatten.
<http://www.sjovagen.nu/>. Konsulterad den 14 februari 2015.
- Small, K. A. och E. T. Verhoef (2007). The economics of urban transportation. London.
- Soriano, B. C., S. L. Dougherty, B. G. Soublet och K. J. Triepke (2014). Autonomous Vehicles: A Perspective from the California Department of Motor Vehicles, i G. Meyer och S. Beiker (utg.) Road Vehicle Automation. 15–24.
- Sorrell, S. (2009). "Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency." *Energy Policy* **37**(4): 1456–1469.
- SOU (2013:84) Fosilfrihet på väg. Stockholm.
- Statens institut för kommunikationsanalys (2005). Fyrstegsprincipen – infrastrukturplaneringens nya Potemkinkuliss?: en utvärdering av fyrstegsprincipens användning i den nationella infrastrukturplaneringen. Rapport 2005:11, Stockholm.
- Statens väg- och transportforskningsinstitut (2014). Förbättrad reshastighet med flexibla busskörfält. Pressmeddelande den 1 november 2014.
<http://www.vti.se/sv/pressrum1/#/pressreleases/foerbaettrad-reshastighet-med-flexibla-busskoerfaelt-1045989>. Konsulterad den 27 oktober 2014.
- Stockholms Lokaltrafik (2010). Trafikplan 2020. Stockholm.
<http://sverigesradio.se/diverse/appdata/isidor/files/103/9764.pdf>.
- Stone, B. (2015). "Exclusive: Google Is Developing Its Own Uber Competitor. The two companies are going to war over self-driving taxis."
<http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-02-02/exclusive-google-and-uber-are-going-to-war-over-taxis>. Konsulterad den 6 februari 2015.
- Strömberg, P. (u.å.) Veg-/Kapacitetsnormaler METKAP. Movea, WSP & KTH
<http://www.nvfnorden.org/lislib/getfile.aspx?itemid=4720>, konsulterad den 3 februari 2015.
- Svanteson, C. och M. Hansson (2005). Båtpendling på inre vattenvägar. Regionplane- och trafiknämnden, Stockholms läns landsting, Stockholm.
<http://46.22.123.170/xpo/bilagor/20100422094047.pdf>. Konsulterad den 14 februari 2015.
- Trafikanalys (2011). Arbetspendling i storstadsregioner: en nulägesanalys. Rapport 2011:3, Stockholm..
- Trafikanalys (2014a). RVU Sverige – den nationella resvaneundersökningen 2012–2013, Stockholm.
- Trafikanalys (2014b). Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader, bilagor 2014, Stockholm.
- Trafikanalys (2015). Självkörande bilar – utveckling och möjliga effekter, rapport 2015:6, Stockholm.
- Trafikkontoret, Stockholm stad (2006). Utvärdering av Stockholmsförsökets effekter på biltrafiken. Stockholm.
http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Rapporter/Trafik/Under/Effekter%20p%C3%A5%20biltrafik_juni06.pdf. Konsulterad den 24 oktober 2014.
- Trafikkontoret, Stockholm stad (u.å.) Buss 4. <http://www.stockholm.se/Fristaende-webbplatser/Fackforvaltningssajter/Trafikkontoret/Buss-4/>. Konsulterad den 23 oktober 2014.

- Trafiknämnden, Stockholms läns landsting (2014) Behovsanalys och åtgärdsvalsstudie. Förbättrad framkomlighet i stomnätet Delrapport 1 – Brister i framkomligheten och mål för åtgärderna. 2014-10-07, punkt 12 Tjänsteutlåtande 2014-09-25, SL 2013-5828.
- Trafikverket (2012a). Bristanalys av transportsystemet fram till 2025 med tyngdpunkt på kapacitet och effektivitet. Rapport 2012:102, Borlänge.
- Trafikverket (2012b). Persontransporter. Rapport 2012:121, Borlänge.
- Trafikverket (2012c). Transportsystemets behov av kapacitetshöjande åtgärder: förslag på lösningar till år 2025 och utblick mot år 2050: huvudrapport. Rapport 2012:100, Borlänge.
- Trafikverket (2013). Förändrade trängselskatter i Stockholm: underlag för 2013 års Stockholmsförhandling. Rapport 2013:110, Borlänge.
- Trafikverket (2014). Framkomlighetsprogram. Trafikverkets inriktning för hur Stockholms primära vägnät används på bästa sätt, Borlänge.
- Trafikverket (u.å.). Åtgärdsvalsstudie. <http://www.trafikverket.se/Foretag/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Atgardsval/>. Konsulterad den 13 januari 2015.
- Transurban (USA) Operations Inc. (u.å.) <https://www.495expresslanes.com/pricing>. Konsulterad den 27 oktober 2014.
- umer (u.å.). Future Car Focus, Robot Cars. <http://viewspark.blogspot.se/2011/04/future-car-focus-robot-cars.html>. Konsulterad den 13 januari 2015.
- Wackernagel, M. och W. E. Rees (1997). "Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective." *Ecological Economics* **20**(1): 3–24.
- White, P. (2009). *Public transport: its planning, management and operation*. London.
- Wikipedia (u.å.) Fundamental diagram of traffic flow https://en.wikipedia.org/wiki/Fundamental_diagram_of_traffic_flow. Konsulterade den 25 mars 2015.
- Wikipedia (u.å.). Ramp meter. http://en.wikipedia.org/wiki/Ramp_meter. Konsulterad den 25 oktober 2014.
- Wikipedia (u.å.). Reversible lane. http://en.wikipedia.org/wiki/Reversible_lane. Konsulterad den 24 oktober 2014.
- Vilain, P. B., J. Cox och V. Mantero (2012). "Public Policy Objectives and Urban Transit Case of Passenger Ferries in the New York City Region." *Transportation Research Record* (2274): 184–191.
- Visser, J. A. (2002). "Understanding local government cooperation in urban regions – Toward a cultural model of interlocal relations." *American Review of Public Administration* **32**(1): 40–65.
- Wu, J. J., Sun, H. J., Gao, Z. Y. och Zhang, H. Z. (2009). "Reversible lane-based traffic network optimization with an advanced traveller information system." *Engineering Optimization* **41**(1): 87–97.
- Vuchic, V. R. (1999). *Transportation for livable cities*. New Brunswick, N.J., Center for Urban Policy Research.
- Vägverket (1999). Samhällsekonomiska kalkylvärden planeringsomgång 2002–2011. Publikation 1999:170, Borlänge.
- Zhao, J., W. J. Ma, Y. Liu och X. G. Yang (2014). "Integrated design and operation of urban arterials with reversible lanes." *Transportmetrica B-Transport Dynamics* **2**(2): 130–150.

