

Thesis 228

BRT genom Stockholms innerstad

En fallstudie av ett eventuellt framtida Bus Rapid Transit Stockholm förhållande till de befintliga stombusslinjerna

Jacob Günther



Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet

BRT genom Stockholms innerstad

En fallstudie av ett eventuellt framtida Bus Rapid Transit Stockholm förhållande till de befintliga stombusslinjerna

Jacob Günther

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 228

ISSN 1653-1922

Jacob Günther

BRT genom Stockholms innerstad

2012

Ämnesord:

Kollektivtrafik, Bus Rapid Transit, Stockholm, stombussar.

Referat:

Som alternativ till den befintliga kollektivtrafiken i Stockholm diskuteras möjligheten att införa Bus Rapid Transit. Det är ett högkvalitativt bussbaserat transportmedel med tydlig inspiration från spårbunden kollektivtrafik, ursprungligen från Sydamerika men numera vanligt i hela världen. Enligt den tidigare utförda idéstudien om projektet planeras det nya trafikslaget att på vissa sträckor gå parallellt med befintliga stombusslinjer. För att studera effekterna dessa två trafikslag får på varandra utföras fältstudier på de befintliga bussarna samt teoretiskt beräkningar på de planerade. Resultatet visar att den planerade linjedragningen riskerar att orsaka kolonnkörning för Bus Rapid Transit-systemet.

English title:

BRT through downtown Stockholm

Citeringsanvisning:

Jacob Günther BRT genom Stockholms innerstad. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2012. Thesis. 228

Förord

Examensarbetet *BRT genom Stockholms innerstad* är ett avslutande arbete om 30 hp på civilingenjörsprogrammet Väg – och Vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har utförts på Trivector Traffics kontor i Stockholm i samarbete med institutionen Teknik och Samhälle på LTH.

Tack till mina handledare Malin Gibrand på Trivector, Andreas Persson på LTH samt examinator Bengt Holmberg.

Jacob Günther

Innehåll

| | |
|---|----|
| Förord..... | 5 |
| Sammanfattning | 6 |
| Summary | 9 |
| 1. Inledning | 12 |
| 1.1 Bakgrund..... | 12 |
| 1.2 Syfte | 14 |
| 1.3 Avgränsningar..... | 14 |
| 2. Metod och material..... | 14 |
| 2.1 Litteraturstudie | 14 |
| 2.2 Empirisk studie | 15 |
| 3. Resultat litteraturstudie..... | 15 |
| 3.1 Metoder att planera BRT | 15 |
| 3.1.1 Definition av BRT | 15 |
| 3.1.2 Stängd eller öppen BRT | 16 |
| 3.1.3 Direkt – eller matarservice | 17 |
| 3.1.4 Identitet..... | 21 |
| 3.2 BRT i världen..... | 22 |
| 3.2.1 Stängda BRT | 22 |
| 3.2.2 Öppna BRT..... | 26 |
| 3.3 Stockholms kollektivtrafik..... | 30 |
| 3.3.1 Stomnätet | 30 |
| 3.3.2 BRT i Stockholm | 32 |
| 3.4 Slutsats - Nackdelar för BRT med att dela körfält med andra bussar..... | 34 |
| 4. Empirisk studie | 36 |
| 4.1 Metod | 36 |
| 4.2 Framkomlighet på aktuell sträcka..... | 37 |
| 4.3 Behov av omkörningsmöjlighet..... | 38 |
| 4.3.1 Hållplatsstudier | 39 |
| 4.4 Gränsvärde för kolonnkörning..... | 48 |
| 4.5 Slutsats framkomlighet | 51 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 4.6 Identitetsförlust | 53 |
| 5. Diskussion | 55 |
| 6. Slutsats och fortsatt arbete | 56 |
| 7. Referenser | 57 |

Sammanfattning

Stockholms kollektivtrafiks viktigaste beståndsdel är stornätet som genom sina många linjer täcker in hela länet. Stornätet står ensamt för tre fjärdedelar av personkilometrarna inom Stockholms kollektivtrafik och består av en kombination av fem olika transportmedel: Pendeltåg, tunnelbana, lokalbana, ytterstadsstombuss samt innerstadsstombuss.

Som alternativ till dessa trafikslag diskuteras möjligheten att införa Bus Rapid Transit. Det är ett högkvalitativt bussbaserat transportmedel med tydlig inspiration från spårbunden kollektivtrafik. Vad som skiljer BRT från annan busstrafik är den genomgående höga framkomligheten på hela systemet och den starka tydligheten gentemot användaren.

Vid planering av BRT finns flera viktiga aspekter som definierar systemet. Den tydligaste egenskapen hos ett BRT-system är huruvida systemet är öppet eller stängt, en aspekt som kan fastställas både utifrån en infrastrukturell synvinkel men även ifrån trafikanternas perspektiv. Det förstnämnda syftar på om BRT-fordonen har möjlighet att färdas in och ut genom systemet eller inte och den sistnämnda på trafikanternas upplevelse av systemet som just ett slutet system.

Vidare är BRT indelat i antingen direktservicesystem eller matarsystem. Direktsystem innebär att samma fordon trafikerar hela BRT-linjedragningen vilket i sin tur innebär att fordonets kapacitet ofta är onödigt hög i systemets periferi, dock innebär direktservice färre byten för passagerarna. Matarsystem däremot använder mindre fordon som matar in passagerare från bostadsområden till terminaler där större fordon tar vid, det gör att passagerarna tvingas till ett byte. Dock innebär matarsystem en enklare anpassning av kapacitet på fordonen gentemot efterfrågan.

BRT har funnits i Brasilien sen 1970-talet och har sedan dess spritt sig över världen. Fortfarande finns några av de största och mest inspirerande BRT i Latinamerikanska städer som Curitiba, São Paulo och Bogotá. På senare år har dock Asien visat vägen för nyskapande BRT-system och idag finns några av de mest intressanta exemplen i tillväxtländer som Kina och Indien.

Med syfte att förbättra kollektivtrafiken i Stockholm utförde SL 2009 en idéstudie om Bus Rapid Transit i Stockholm län. Studien presenterar idén om linjedragningen Nacka – Stockholm – Solna – Arninge, en linjedragning som genom innerstaden till viss del går parallellt med nuvarande stombusslinje 2 och 3 samt med ett stort antal stadsbussar. Därmed uppstår en utrymmeskonflikt mellan de högt prioriterade stombussarna och den studerade BRT-linjen.

Eftersom stomlinjerna, inkluderat stombusslinjerna 2 och 3, är så pass högt prioriterade av SL finns tankar på att låta dessa använda BRT-körfält på de parallella sträckorna, något som kan utgöra ett problem både för framkomligheten och för identiteten för ett eventuellt BRT.

Stockholms BRT studeras för endast ett fåtal stationer genom innerstaden, ett scenario som skulle medföra att stombussarna blockerar BRT-körfältet under deras hållplatstider. För att ta reda på omfattningen och fördelningen av dessa blockeringar utförs hållplatsstudier vid utvalda stombusshållplatser där blockeringarnas fördelning kan noteras.

Med syfte att ta reda på hur en eventuell BRT-linje genom Stockholm påverkas av dessa blockeringar konstrueras en modell som förutsäger risken för kolonnkörning beroende på initial försening, antal påstigande per hållplats samt turintervallet för BRT. För att uppskatta hållplatstid i förhållande till antal påstigna används den av Trivector framtagna rapporten ”Effektivare på – och avstigning i stadstrafik” från 2004 där hållplatstider i förhållande till antal påstigande för bussar med påstigning i flera dörrar beräknas.

Resultatet från hållplatsstudierna och beräkningarna för kolonnkörning visar att den studerade BRT-linjedragningen i Stockholm har mycket olika förutsättningar för dess två olika riktningar. Det beror på tre stycken aspekter: Skillnaden i egenskaper på stombusshållplatserna i vardera riktning, en extra stombusshållplats för BRT att passera i norrgående riktning samt det stora antalet BRT hållplatser norr om innerstaden.

I östgående riktning konstateras att de förseningar som uppstår på grund av stombussarna inte kommer att skapa så pass stora problem att kolonnkörning uppstår. I norrgående riktning däremot uppstår förseningar som i sin tur orsakar risk för kolonnkörning av BRT-fordonen längre norrut på linjedragningen. För att motverka det krävs en omkörningsmöjlighet för BRT på någon av linje 3:s hållplatser mellan Slussen och Tegelbacken.

Summary

The public transportation in Stockholm's key component is the core network, which through its many lines cover the whole county. The core network alone accounts for three quarters of person-km in Stockholm's public transport and consists of a combination of five different modes: Commuter train, subway, tram, suburban bus and city bus.

As an alternative to these modes of transport Bus Rapid Transit is currently being discussed. BRT is a high quality bus-based transport with clear inspiration from rail transport. What distinguishes BRT from other bus is the consistently high accessibility to the entire system and the strong identity of the system

When planning BRT there are several important aspects that define the system. The most obvious feature of a BRT system is whether the system is open or closed an aspect that can be established both from an infrastructural point of view but also from the bus users' perspective. The former refers to the whether the BRT-vehicles are able to travel in and out of the system or not and the latter refers to the users experience of the system as actually system.

Moreover, BRT is divided into either direct service system or feeder systems. Direct system means that the same vehicle operating on the entire BRT line, which in turn means that the vehicle capacity is often unnecessarily high in the periphery of the system. However, direct service also means fewer changes to the passengers. Feeder systems are using smaller vehicles that are feeding passengers from residential areas to the terminals where larger vehicles take over, therefore it forces passengers into a change of vehicle. The feeder system offers a much simpler adjustment of the capacity of the vehicles in relation to demand.

BRT has existed in Brazil since the 1970s and has since that time spread around the world. Still some of the greatest and most inspiring BRT are located in Latin American cities such as Curitiba, São Paulo and Bogotá. In recent years, however, Asia has shown the way for innovative BRT system, and today some of the most interesting examples of BRT are located in China and India.

In order to improve public transport in Stockholm SL decided in 2009 to launch a conceptual study on the possibility for Bus Rapid Transit in Stockholm. The study presents the idea of a BRT-line from Nacka thru Stockholm and Solna heading towards Arninge, a line that during the crossing of central Stockholm to some extent runs parallel to the current core buss line 2 and 3 and with a large number of city buses. This creates a conflict of space between the high priority core buss lines and studied the BRT line.

Since the core lines, including line 2 and 3, are highly prioritized, SL are considering the possibility of letting them use the BRT lanes on the parallel routes, something that could pose a problem for both accessibility and identity for the BRT.

Stockholm BRT is currently studied for only a few stations thru the central parts of Stockholm and such a scenario would lead to a situation where the core lines are blocking the BRT lane during their stop times. To find out the extent and distribution of these blockings, selected bus stops are studied and where blocking time distribution can be observed.

In order to find out how a BRT line through Stockholm would be influenced of these time delays, a model is developed that predicts the risk of bus bunching depending on the initial delay, the number of boarding's per stop and buss rate of recurrence for BRT. To estimate bus stop time in relation to the number boarding passenger the Trivector article "More efficient passenger boarding in urban traffic" from 2004 where the stop times for buses with boarding true more than one door are calculated.

Results from the bus stop studies and calculations for bus bunching shows that the studied BRT line thru Stockholm has radical different conditions regarding time delays in its both directions. It depends on three aspects: The difference in characteristics of core bus stops in each direction, an extra core bus stop for BRT to cross in the northbound direction, and the large number of BRT stops north of downtown.

On the eastbound direction it is found that the delays caused by the core busses will not create delays large enough that bus bunching occurs. On the northbound direction however, delays are created which causes a risk of bus bunching for the BRT vehicles north of downtown Stockholm. To avoid this problem, a dedicated space for overtaking for BRT on one of bus line 3's stops between Slussen and Tegelbacken is necessary.

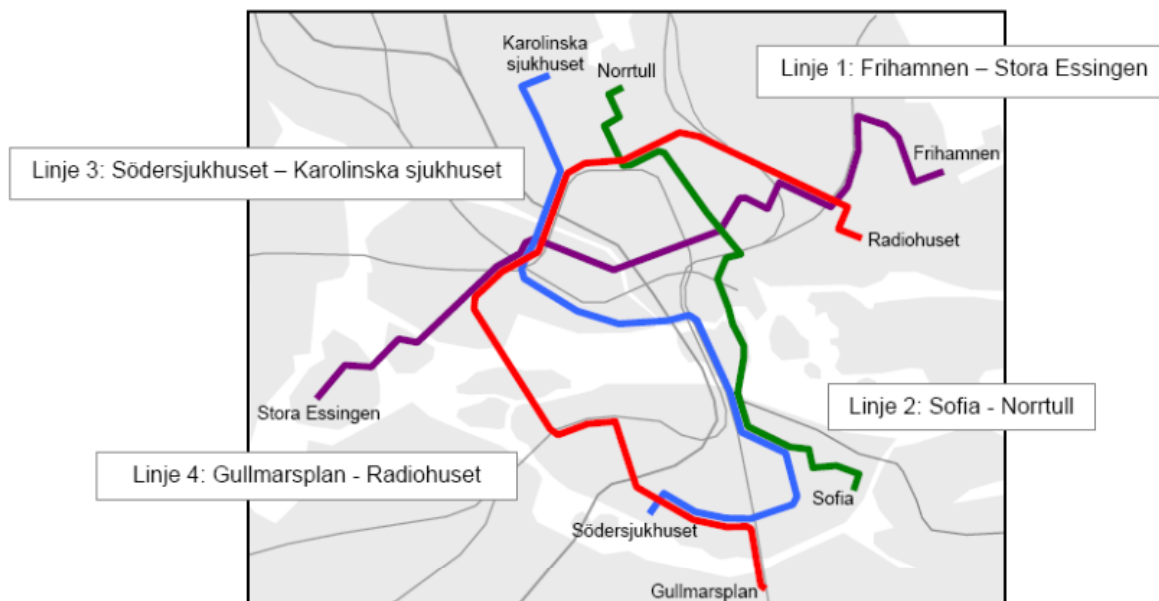
1. Inledning

1.1 Bakgrund

Stockholm har en historia av ständig befolkningstillväxt och under tiden kring förra sekelskiftet växte staden snabbare än aldrig förr och i takt med det behovet av persontransporter. (Malmsten, 2002) År 1930 ansågs situationen vara ohållbar och en trafikkommitté tillsattes med uppdrag att lösa den svåra trafiksituationen med fokus framförallt på Slussen, den tidens enda passage över mälarsnittet. Kommittén beslutade då även om en tunnel under Södermalm för att leda förortsbanorna från Enskede och Örby på ett smidigt sätt direkt in till Slussen. Vid samma tillfälle presenterades en vision om en fortsatt tunnel för spårvägstrafik med station under Vasagatan. Denna satsning spåddes nästan dubbla hastigheten på stadens stomnät från 13 till 26 km/h. (Teknisk Tidsskrift, 1933) Förortsbanornas tunneldragningar i innerstaden blev grunden för Stockholms tunnelbana och 1950 konverterades de södra förortsbanorna med slutstation Slussen till tunnelbana. Åren därpå byggdes tunnelbanan ut i snabb takt. Den röda linjen mellan Ropsten och Norsborg påbörjades under 1960-talet och under 1970 – och 80-talet byggdes den blå linjen ut mot nordväst. (Malmsten, 2002)

Under 1980-talets andra hälft stannade utbyggnaden av tunnelbanan av, allt medan staden fortsätta att växa. (Malmsten, 2002) Det ledde till en kraftig ökning av trafikanter på innerstadens tunnelbanenät och prognoser visade på ett fortsatt ökat resande. Med planen att föra över trafikanter till andra trafikslag än tunnelbana presenteras en utredning av Regionplane- och trafikkontoret, SL och Stockholms Stad 1988 angående ett nytt stomnät. (SL, 2007)

Grundtanken var dels att skapa en tydligare och mer synlig kollektivtrafik, men även att ta itu med de trängselproblem som uppstått i innerstaden. För att åstadkomma högre framkomlighet framhölls framförallt två åtgärder; kollektivtrafikkörfält och signalprioritering. I den första utredningen, från 1988, föreslogs innerstadens stomlinjenät bestå av stadsspårväg och trådbuss. Vid denna tidpunkt beräknades medelhastigheten till 18 km/h. Två år senare presenterade SL en utredning med syfte att specificera vilket trafikslag som skulle lämpa sig bäst för stomnätet. Slutsatsen var då att busstrafik var den bäst passande lösningen och SL valde då att gå vidare med djupare analys av ett stombussnät. Under 1994 presenterades en utredning från SL med fem stombusslinjer som täckte hela innerstaden, se Figur 1. (SL, 2007) Först ut var linje 4, mellan Gullmarsplan och Radiohuset, som öppnade 1998. Året efter öppnades linje 1 och linje 3 och 2004 kunde även linje 2 gå i trafik. Den planerade linje 5 kommer att genomföras som Spårväg city. (Ingmarsson, 2010)



Figur 1 Stombussnätet i innerstaden (SL, 2007)

I dagsläget svarar innerstaden stombusstrafik för nästan 80 % av innerstadens bussresor. Linje 4 är överlägset den tyngst trafikerade med uppemot 60 000 påstigande per vardag, vilket är jämförbart med Roslagsbanans och Tvärbanans sammanlagda reseunderlag. Dock har målet om hastighet inte uppfyllts och stombusslinjerna har medelhastighet på samma nivå som övriga innerstadsbussar, de vill säga 13-15 km/h. Detta beror främst på dålig framkomlighet och långa hållplatstider. (SL, 2007)

De utvärderingar som har genomförts angående stombussnätet visar på mycket nöjda kunder och målsättningarna om komfort, bekvämlighet och tydlighet har kunnat uppnås. (Ingmarsson, 2010) Dock har den tydligaste målsättning för stombussarna, ökad hastighet genom innerstaden, inte uppnåtts. Med ständigt ökad efterfråga på kollektivtrafiken är det väsentligt att hastigheten för stombussarna ökar och med den kapaciteten. Anledningen till stombussarna låga hastighet är den begränsade framkomligheten, som trots många åtgärder, hindrar de stora bussarna att ta sig fram på innerstadens många gånger trånga gator. (SL, 2007)

Som ytterligare en valmöjlighet för kollektivtrafik, utöver de befintliga transportslag som idag finns i Stockholm, har Bus Rapid Transit presenterats som ett alternativ. Bus Rapid Transit, eller förkortat BRT, är ett snabbt transportmedel som innehåller spårtrafikens kvalitet kombinerat med busstrafikens flexibilitet. BRT definieras som ett integrerat system av snabb busstrafik som med hjälp av stationer, fordon, service, körbanor och Intelligent Transport Systems skapar en stark egen identitet. Systemet kan i mycket hög grad anpassas till sin omgivning och därmed användas i vitt spridda förhållanden. (Transit Cooperation Research Program, 2002)

Med syfte att förbättra kollektivtrafiken i Stockholm utförde SL 2009 en idéstudie om Bus Rapid Transit i Stockholm län. Studien betonar att det med hjälp av BRT finns potential till att "... avsevärt förbättra kollektivtrafikutbudet i Stockholms län." (Bäckwall, 2009) Som fördelar nämns den betydligt lägre investeringskostnaden jämfört med likvärdig spårtrafik

samt de mycket korta byggtiderna för BRT. SL identifierar intressanta stråk i länet som kan vara lämpliga för BRT. Störst tyngd läggs på sträckningen Värmdö – Nacka – Stockholm – Solna – Arninge, en linjedragning som genom innerstaden till viss del går parallellt med nuvarande stombusslinje 2 och 3 samt med ett stort antal stadsbussar. (Bäckwall, 2009) Därmed skapas oundvikligen en konflikt om utrymme, inte bara gentemot bilismen, utan även de olika typerna av busstrafik som trafikerar sträckan.

Konflikten mellan den planerade BRT och befintliga stadsbussar är en konflikt mellan regional – och lokaltrafik. BRT-linjen är en högprioriterad regional förbindelse med endast ett fåtal planerade stopp genom innerstaden och en målsättning om hög hastighet. Stadsbussarna är av en mycket annorlunda karaktär och har betydligt tätare hållplatser och långsammare hastigheter. För att få dessa två typer av trafik att fungera på en och samma körbana krävs god förståelse för fordonens skilda egenskaper och hur de påverkar varandra. (Bäckwall, 2009)

1.2 Syfte

Med bakgrund av den studerade BRT linjen genom Stockholm kommer en utrymmeskonflikt uppstå på sträckningarna genom innerstaden. BRT innebär en stor investering i infrastruktur vilken givetvis bör utnyttjas maximalt. Syftet med arbetet är att komma fram till hur BRT körfälten genom innerstaden bör användas för att nå maximal nytta.

Frågeställningen är på vilket sätt BRT-linjen påverkas av andra busslinjer som använder samma körfält. Är det möjligt att låta även stombusslinjerna utnyttja BRT-körfält? Och i så fall, krävs det omkörningsmöjlighet vid stombusshållplatserna?

1.3 Avgränsningar

Studien avgränsas till den delen av BRT-linjedragningen som går genom innerstaden mellan Erstagatan och Tegelbacken. Därmed studeras inte den delen av Torsgatan samt Solnavägen vilken är inom den studerade linjedragningen för BRT och även trafikeras av stombusslinje 3.

2. Metod och material

2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien tar fokus på:

- Planering av BRT. Definition av begreppet och de olika komponenterna i BRT.
- BRT med exklusiva körfält eller med andra bussar, genomgång av flertalet olika system och hur dessa har balanserat frågan.
- Stockholms kollektivtrafiknät. Beskrivning och förklaring av kollektivtrafiken och dess utveckling i Stockholm inklusive situationen för stombussnäten. Inkluderar även det studerade BRT förslaget för Stockholm.

Litteraturen är hämtat till stor del genom Lund Universitets sökfunktioner och offentliga utredningar samt i samarbete med Trivektor Traffic.

2.2 Empirisk studie

Den empiriska studien undersöker körbanan för stombusslinje 3 och 2 samt hållplatser på den aktuella sträckan. Studien avser bedöma hur 3:an och 2:an kommer att påverka BRT-linjen samt vilka åtgärder som kan vidtas för att undvika negativ påverkan.

Genom att studera turtäthet för stombusslinjerna samt den nya BRT-linjen kan beräkningar göras vid hållplatser för att ta reda på hur mycket bussarna blockerar varandra. Det är även möjligt att innesluta övriga stadsbussar för att studera huruvida de skulle blockera ett eventuellt BRT-körfält på de utvalda sträckorna.

Med givna stationslägen och turtäthet för samtliga bussar samt hållplatstider för stombussarna kan BRT-fordonens framkomlighetsbegränsning på grund av andra bussar beräknas. Med dem som grund kan eventuella åtgärder samt dess effekter placeras in på linjedragningen för att återigen beräkna BRT:s framkomlighet.

3. Resultat litteraturstudie

3.1 Metoder att planera BRT

3.1.1 Definition av BRT

Bus Rapid Transit kan definieras utifrån flera aspekter, ett exempel är från det offentliga amerikanska forskningsorganisationen Transit Cooperative Research Program rapport TSRP 90 från 2003 där Leninson med flera skriver:

”BRT kan definieras som ett flexibelt, gummidäck baserat, snabbt transportsystem som genom en kombination av stationer, fordon, service, körbana och ITS skapar ett integrerat system med en stark egen identitet.” (Transit Cooperation Research Program, 2002)

Vidare skriver Leninson med flera att BRT-systemet måste utformas unikt för att tillgodose den lokala efterfrågan och med stort hänseende till den lokala stadsmiljön. (Transit Cooperation Research Program, 2002) Den något obestämda definitionen gör att BRT kan se ut på många olika sätt och många gånger kan det vara tveksamt huruvida ett bussystem kan kallas BRT.

I *”Bus Rapid Transit – a planing guide”* från det amerikanska Institute for Transportation and Development Policy definieras BRT mindre utifrån fysiska komponenter och snarare utifrån funktion:

”BRT är ett högkvalitativt bussbaserat transportsystem som levererar snabb, bekväm och kostnadseffektiv rörlighet i städer genom separata körbanor med full förkörsrätt, snabb restid, hög turtäthet, bra marknadsföring samt god kundservice.” (Wright & Hook, 2007)

För att kunna urskilja BRT från annan högprioriterad busstrafik beskriver Kottenhof med flera i *”Bus Rapid Transit i Sverige”* hur BRT kan konkretiseras i sex särskilt viktiga delar: Körbana, stationer, fordon, biljettförsäljning, Intelligent Transport System samt trafik – och handlingsplan. Vidare definieras tre standardnivåer; ”önskvärd”, ”accepteras” samt ”inte

godkänt”. Med dessa verktyg kan enskilda system definieras utifrån ett BRT-perspektiv. (Andersson m.fl., 2009)

BRT definieras bäst utifrån faktiska exempel och därför följer en genomgång av viktiga och stilbildande BRT-system världen över under rubrik 3.2.

För att avgränsa detta avsnitt om planering av BRT till frågeställningen om exklusivitet i infrastrukturen för eventuell BRT genom Stockholms innerstad är det två viktiga planeringsaspekter som bör ges utrymme. Den ena handlar om valet mellan direkt – eller matarservice. Den andra om huruvida system ska vara öppet eller stängt. Båda dessa frågeställningar har analyserats i mycket hög grad i samband med införanden och utvärderingar av BRT världen över. Trots detta finns det inga studier tillgängliga om fall liknande Stockholm där en redan högprofilerad busslinje, stombussarna, kan komma att dela infrastruktur med ett nytt BRT.

3.1.2 Stängd eller öppen BRT

Vid projektering av BRT är ofta det strategiskt viktigaste beslutet huruvida systemet ska vara öppet eller stängt. Dock är aspekterna öppet och stängt ofta sedda från två olika perspektiv, kundperspektivet och infrastrukturperspektivet. Därmed kan ett system vara både öppet och stängt samtidigt och tydliga gränser är svåra att definiera. Men eftersom de båda perspektiven alltid påverkar varandra och inte har några tydliga gränsdragningar behandlas de tillsammans i följande stycken.

Ett BRT-system kan vara stängt utifrån kundes perspektiv. Det innebär att från det att passageraren passerar färdbeviskontrollen är denne inne i systemet och kan där förvänta sig en standard på service och information. Det kan jämföras med tunnelbana där det ofta är självklart vart systemets gränser går, för ett bussystem är den gränsdragningen svårare. (Wright & Hook, 2007)

Stängda system fungerar så att passageraren betalar vid ingången till busstationen. Väl inne i systemet finns det möjlighet att snabbt gå ombord på vilket fordon som helst genom fordonets samtliga dörrar. Det finns även möjlighet att byta mellan linjer på stationerna utan att behöva visa färdbevis igen. Med förvisering och snabba på- och avstigningar minskar hållplatstiderna vilket kan skapa system med betydligt högre kapacitet än vad annars är möjligt. För att kunna hålla systemet stängt krävs en speciellt anpassad plattform med biljettkontroll och i nivå med fordonet, vilket i sin tur kräver speciella fordon anpassade i höjd och dörrläge till plattformarna. Det sistnämnda har en tendens att skapa höga kostnader för ett stängt BRT. (Hook, 2005)

Förutom den höga kapaciteten har stängda system också en klar fördel när det gäller identitet. Stängda BRT får en tydlig struktur och värden kopplade till spårbunden trafik vilket har stor effekt på resandeantal. (Hook, 2005)

Mer vanligt är att uttrycket stängt BRT syftar på hur systemets infrastruktur utnyttjas. I detta sammanhang är ett stängt system definitionen på körbanor med tydliga barriärer från övrig trafik och full kontroll på de fordon som använder systemet. Ett helt stängt system tillåtar inte

något annat fordon än de speciella BRT-fordonen trafikera någon del av sträckan. Det skapar ett mycket tydligt och lättförståligt system som attraherar även sällanåkare, något som buss i allmänhet har svårt med. Det finns även trygghet kopplat till stängda system då passageraren vet att alla bussar som stannar på stationen är kopplade till system och det finns heller ingen risk att hamna utanför BRT-sträckningen för den som råkar ta fel buss. Utan andra fordon att ta hänsyn till är det även möjligt att hålla en hög pålitlighet vilket är attraktivt för passagerarna. (Strambi 2010b)

Bogota, Curitiba och Eugene/Springfield är exempel på stängda BRT vilka förklaras mer ingående under rubrik 3.2.

Med öppet BRT åsyftas en mindre reglerad form av BRT och de enskilda busslinjerna passerar in och ut från BRT infrastrukturen. Körfälten i ett öppet system behöver inte skilja sig från de i ett stängt system, dock använder fordonen endast delar av systemet vilket gör att det måste finnas in – och utfarter på kollektivkörfälten. Ett öppet BRT kan innebära att vissa sträckor trafikeras av ett mycket stort antal parallella linjer, vilket ofta är en bidragande orsak till ett bitvis stort antal bussar på körbanan vilket kan leda till köbildning och avsevärt sänkt kapacitet. (Hook, 2005)

Ett öppet BRT har även en öppen struktur gentemot kunderna. Det innebär att stationerna är öppna och att det är först vid påstigning av bussen som biljettkontroll sker. Det hindrar inte innovativa biljettsystemet så som olika sorters smartcard, men skapar onekligen en mindre effektiv påstigning och därmed längre hållplatstider än vid förvisering. (Wright & Hook, 2007)

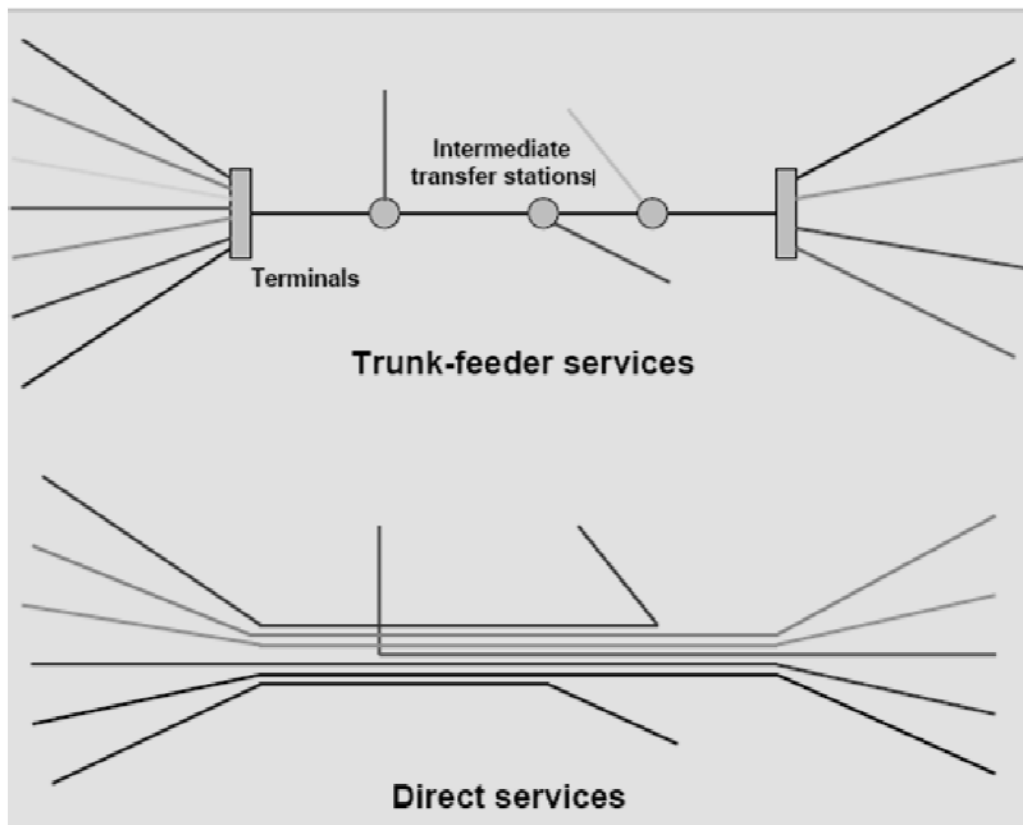
Vad som dock brukar påpekas som den stora nackdelen med ett öppet BRT är kundens svårighet att urskilja systemet just som ett system, och inte bara som fler busslinjer. I och med att av – och påstigningen av bussen utgör gränsen mellan att vara i systemet och utanför får stationerna, hur bra de än utformas, en oklar roll i helheten. (Hook, 2005)

Det är lätt att blanda ihop BRT-egenskaperna öppen/stängt med direkt/matarservice. Bland de BRT som finns idag är nästan uteslutande att öppet system går hand i hand med direktservice, men det är viktigt att komma ihåg att detta inte är en självklarhet och undantag finns. Till exempel är kinesiska Guangzhou och indiska Ahmedabad öppna BRT-system i kombination med att också vara direktservicesystem, mer om dessa under rubrik 3.2.

3.1.3 Direkt – eller matarservice

Följande kapitel är, om inte annat anges, grundat på Bus Rapid Transit Planning Guide 2007 från Institute for Transportation & Development Policy, New York.

Vid planering av BRT är en av de grundläggande frågeställningarna hur balansen mellan ett system med få byten och ett med hög kapacitet kan tillfredställas. Samtidigt som centrala delar av en stad ofta behöver ett nät med mycket hög kapacitet är det svårt att få täckning för ett sådant system i mindre tätbefolkade bostadsområden. Huvudsakligen finns det tre alternativ att arbeta utifrån; bytesmatad service, direkt service och en blandning av de två, se Figur 2.



Figur 2 Bytesmatad - samt direktservice (Wright, Hook 2007)

Bytesmatade system bygger på mindre bussar som trafikerar de glesare bostadsområden, oftast i blandtrafik. De mindre bussarnas målpunkt är terminaler där passagerarna byter till större fordon som trafikerar någon av huvudstråken. Högkapacitetssystem såsom i Bogotá och Curitiba har nästan uteslutande bytesmatad service.

Den tydligaste fördelen med att bytesmatade system är anpassningsförmågan av fordonen med hänsyn till efterfrågan på varje linjedragning. Det får konsekvensen att fordonen får högre passagerartäckning och därmed kan en betydligt mindre fordonsflotta användas, vilket givetvis är av stor ekonomiskt betydelse. Men den allra viktigaste fördelen med färre fordon, fram för allt i stora BRT-system, är att trängseln bussarna emellan minskar och framkomligheten på kollektivkörfälten kan därmed öka drastiskt. I stängda system är bussarna själva den största framkomlighetsnedsättande faktorn, vilket visar att en mindre flotta kan få avgörande betydelse för systemets kapacitet. Med fordon anpassade till varje områdes efterfråga kan också en hög turtäthet upprätthållas vilket starkt bidrar till systemets attraktivitet. Bytesmatade system är också till fördel för den centrala trafik kontrollen då fordonen trafikerar enskilda bestämda linjer och passagerarflöden lätt kan övervakas vid bytesterminaler.

Den tydligaste nackdelen med bytesmatad service är att det oundvikligen uppstår en bytes situation för en del av passagerarna. Väntetid vid byten är alltid känsligt då kollektivtrafikresenärer tenderar att prissätta väntetid betydligt högre än restid, speciellt vid korta resor då ett byte kan utgöra en stor del av den totala restiden. Vidare skapar även bytesmatad service problem med effektiviteten i linjedragningen. För att resa från en

matarlinjehållplats vidare mot systemets centrala delar skapas alltid en omväg via bytespunkten. Omvägens omfattning beror på systemets utformning, men kan i värsta fall vara så pass omfattande att resenärer uppfattar systemet stelt och istället letar efter andra transportlösningar. En av de tyngre kostnaderna för ett bytesmatat system är de bytespunkter som måste finnas där matarlinjerna når huvudlinjen. I stora system utvecklas dessa bytespunkter till terminaler som ofta blir kostsamma i drift och underhåll. Dock är det mycket viktigt att terminalerna utformas så att bytet mellan linjerna blir så enkelt som möjligt för resenärerna. En väl utformad bytesterminal kan minska den högt prissatta bytestiden. Se Figur 3.



Figur 3 Bytesterminal på ett av São Paulos bytesmatade BRT-system. (Wright & Hook, 2007)

Direktservice innebär att fordonen går direkt från glesa bostadsområden in till de centrala busskorridorerna, vilket är fallet i många av de stora BRT-systemen runt om i världen. Direktservice är populärt eftersom det har ett par uppenbara fördelar. Dels blir det betydligt färre byten än med ett matarsystem, vilket kan leda till kortare restid. Eftersom bytestid värderas högt kan stora vinster göras om bytena kan bli färre. Det finns även en potential till kortare linjedragningar då omvägar via bytesterminaler kan undvikas. Den tydligaste ekonomiska fördelen är dock att systemet kan byggas utan ekonomiskt krävande bytesterminaler.

Dock involverar direktservice BRT flera svåra problem. Eftersom en och samma busstyp används längs hela linjen blir verkningsgraden lidande då bussarna tvingas köra halvtomma i glesa områden. Det leder också till att det behövs större antal fordon vilket vid höga resandevolymer kan skapa stora framkomlighetsproblem. Den låga hastigheten på många av världens stora BRT beror många gånger på att ett mycket stort antal relativt små bussar trafikerar korridorerna, det skapar köbildning vid hållplatserna och långa väntetider för bussarna innan de kommer när sina hållplatslägen. Därmed blir den totala restiden ofta betydligt längre än med bytesmatad service, trots färre byten.

Om busskorridoren är lokaliserad längs gatornas mitt med påstigning från mittrefug uppstår även problem med dörrplaceringen. Bussar som används både på uppsamlingslinjedragningar och längs korridorerna måste då vara av typen med dörrar på bägge sidor. Det är en vanlig lösning som används av flera städer, men priset per fordon är ungefär dubbelt jämfört med en buss med dörrar bara på ena sidan. (Strojvanski, 2010)

Alternativt kan bussar med endast dörrar på högersida användas, stationerna längs korridorerna anläggs då på en refug emellan busskorridoren och körbanan, se Figur 4. Då undviks den extra kostnaden för fordon. Istället uppstår en extra kostnad då två stationer istället för en, det vill säga en i vardera riktning, måste byggas för varje hållplats. Förutom den ökade kostnaden per station, försvinner möjligheten för resenärerna att enkelt byta mellan två bussar i motsatt riktning.



Figur 4 Curitiba, två refuger gör att endast bussdörrar behövs på höger sida. (Wright & Hook, 2007)

Ytterligare infrastrukturkostnad som uppstår i samband med stora direktservicesystem är de långa plattformarna som krävs för att rymma det stora antalet fordon som trafikerar korridoren. Långa plattformar med plats för flera bussar blir ofta svåränvänt då resenärerna inte kan veta på förhand exakt vart deras buss kommer att anlända. Vid rusningstid kan ett sådant system bli mycket svårtillgängligt. (Strambi, 2010a)

Ett direktservicesystem tenderar ofta att bli ett komplext system där ett stort antal busslinjer bildar en svåröverskådlig helhet. Istället för att, som är ofta är fallet med bytesmatad BRT, skapa ett tunnelbaneliknande karta med starka stomlinjer tenderar direktservice BRT istället bli ett stort nätverk som ses med samma ögon som annan busstrafik. Svårigheter att förstå system skapar ofta en barriär för sällanresenärer och problem att locka till sig passagerare från andra trafikslag.

Denna långa rad av tunga nackdelar med ett direktservicesystem kan dock oftast härledas till det faktum att det i det nästan alltid handlar om öppna system i den meningen att infrastrukturen tillåter fordon att köra in och ut från de särskilda körbanorna. Om systemet istället fungerar som ett stängt BRT, fortfarande med direktservice, kan problem med trafikstockning vid hållplatser och korsningar minskas och medelhasigheten öka väsentligt. För att hålla en hög kvalitet på systemet är det viktigt att komponenterna från stängt BRT blir

tydliga, så som förvisering och tydliga stationer. Denna lösning är ännu ovanlig, men finns representerad i två nya BRT i Kinesiska Guangzhou samt Indiska Ahmedabad, se kapitel 3.2.

Ingetdera av systemen direktservice eller bytesmatad service är exklusiva, utan kan kombineras med varandra. I ett sådant fall kan BRT anpassas till lokala variationer längs med systemets dragning. Strikt räknat så är många av de BRT som antas vara antingen direktservice eller bytesmatadservice egentligen en blandning. Till exempel finns det i São Paulos BRT med sina hundratals linjer flera linjer som fungerar som matarlinjer från bostadsområden fram till terminalerna. Parallellt i samma system finns det även många linjer som har hela sin linjedragning inom BRT strukturen och skulle kunna liknas stomlinjerna i ett bytesmatat system. (Strambi, 2010a)

Direkt – eller matarsystem är en väsentlig skiljelinje i utformningen av BRT men i första hand fokuserar det här studien på frågan om stängt eller öppet system. I den aktuella situationen med stombusslinje 2 och 3 delvis parallell med BRT-linjen genom innerstaden uppstår något som kan liknas ett direktservicesystem och därmed måste nackdelarna med direktssystem noga ses över för att inte störa systemet. Då det är troligt att SL tillåter stombussarna på BRT-körbanorna skapas en situation som liknar den om stängda direktservicesystem, alltså BRT med mycket hög kontroll på fordonen som befinner sig inom systemet, förvisering och stationer men ändå linjedragningar som går in och ut ur BRT-korridoren.

Det är lätt att blanda ihop BRT-egenskaperna öppen/stängt med direkt/matarservice. Bland de BRT som finns idag är nästan uteslutande att öppet system går hand i hand med direktservice, men det är viktigt att komma ihåg att detta inte är en självklarhet och undantag finns.

3.1.4 Identitet

En av de viktigaste framgångsfaktorerna för BRT är skapandet av en egen identitet. Busstrafik har en i allmänhet låg status jämfört med spårbunden kollektivtrafik och därför är det viktigt



Figur 5 Metro Rapid, Los Angeles BRT, har en tydlig egen identitet men som också är en del av det väletablerade Los Angeles Metro service. (Bitterman & Baldwin Hess, 2007)

för ett lyckat BRT att tydligt särskiljas från traditionell busstrafik. Den särskiljningen kan ske med ett starkt varumärke som signalerar att BRT är ett eget system där särskilda kvaliteter kan förväntas. Som en del av varumärkesetableringen är vanligen BRT-logon och dess slogan särskilda från moderorganisations traditionella grafiska form, se Figur 5. Det för att visa att BRT har en högre servicenivå och inte ska blandas ihop med existerande busstrafik. (Bitterman & Baldwin Hess, 2007)

För att uppnå full potential med ett BRT-system räcker det inte med enbart högkvalitativa buskörvägar

och anpassade fordon, minst lika viktigt är att uppnå en sammanhängande identitet som sträcker sig längs med hela systemet och skapar en igenkänningsfaktor

hos resenären. Den egna identiteten får ännu större betydelse om ett nytt BRT ska fungera tillsammans med en redan etablerat regional kollektivtrafik. Det är önskvärt att existerande kollektivtrafik och det nya BRT sammanfogas på ett så integrerat sätt som möjligt, dock med tydliga avgränsningar så att resenären aldrig ska behöva tveka om i vilket system denne befinner sig i. (Transit Cooperation Research Program, 2002)

Enligt Wright & Hook, 2007, finns det fyra strategiskt viktiga kategorier av marknadsföring av BRT:

Den första kategorin är BRT-systemets namn. En beprövad metod för namngivning är att undvika ordet buss, vilket kan associeras med befintlig busstrafik, och istället fokusera på ord som "metro" och "transit" vilket förknippas med positiva värden. Det är en fördel om namnen på BRT är lokalt förknippade. Dock är det vanligt att namn från högprofilerade BRT, så till exempel TransMilenio, kopieras och används i andra städer.



Figur 6 "Aldrig förr har så mycket gjorts för São Paulos kollektivtrafik" (Wright & Hook, 2007)

Den andra kategorin är systemets logo som är ett viktigt kommunikationsmedel. Att välja en logo som tilltalar resenärer ur de önskade målgrupperna är en viktig del av ett framgångsrikt BRT. Logon ska kommunicera systemets kärnvärden, vilka kan vara baserade på begrepp som snabbhet, smidighet eller säkerhet. Logon måste fungera i många sammanhang och snabbt förknippas med BRT-systemet för att guida resenärerna, se Figur 6.

Den tredje och fjärde kategorin är marknadsföring och – allmänna informationskampanjer för potentiella användare, vilken nämns av Wright & Hook, som nyckelkomponenter för ett lyckat BRT. Viktigt att poängtera är hur marknadsföring och varumärkesetablering kan spela en minst lika stor roll som påkostade infrastrukturlösningar i framgången för ett BRT, men i flera fall vara många gånger mer kostnadseffektiva. (Wright & Hook, 2007)

3.2 BRT i världen

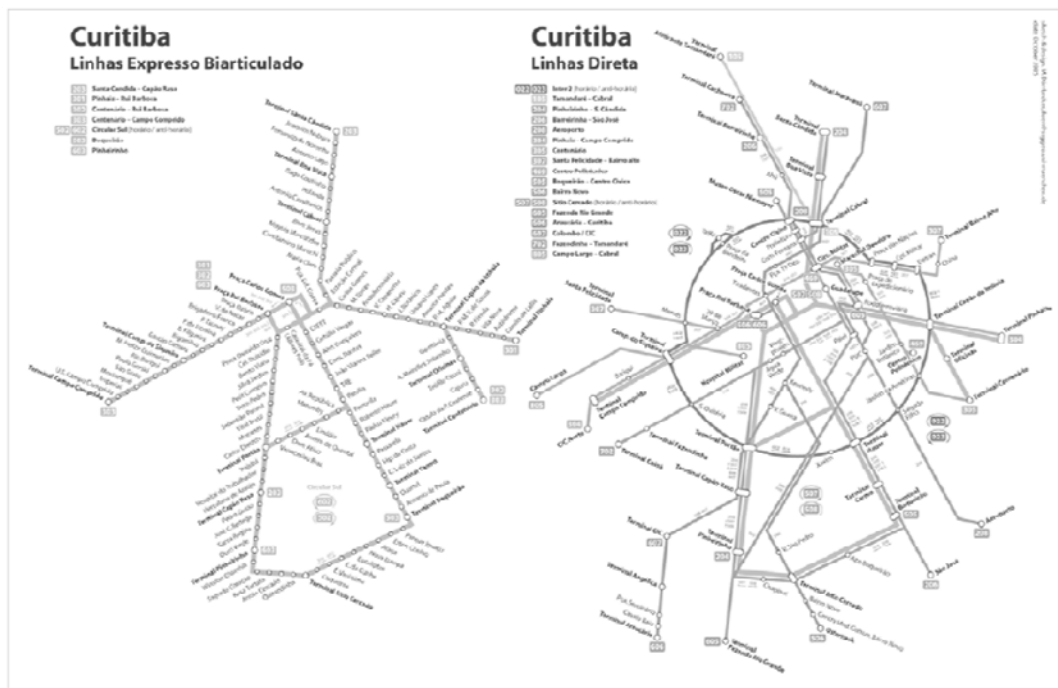
Världens första Bus Rapid Transit öppnade 1974 i Curitiba, Brasilien. (Leroy & Demery, 2004) De efterföljande årtiondena gick utvecklingen långsamt, men under 1990-talet och 2000-talet har BRT spridit sig världen över. (Henser & Golob, 2008) Nedan följer en beskrivning av några viktiga och stilbildande BRT-systemen världen över.

3.2.1 Stängda BRT

Curitiba

Curitibas BRT är ett stängt system. Busskorridorerna är helt exklusiva för speciella BRT, ombordstigningen sker från plattformar i höjd med bussen och systemet tillämpar föraviserad. Systemet använder sig även av matarbussar för transporter från bostadsområden in till terminalerna längts ut på stomlinjerna. (Henser & Golob, 2008)

Curitiba är en delstatshuvudstad i södra Brasilien som mellan 1940 och 1965 växte från 150 000 till 500 000 invånare, till följd av detta sattes en ny översiktsplan för staden där fem radiella korridorer skapades för att försörja stadens transportbehov. (Leroy & Demery, 2004) Kommunen var bunden till en mycket begränsad budget och det fanns ingen möjlighet till att finansiera en tunnelbanelösning för att skapa de önskade stamnätet. Jaime Lerner, dåvarande borgmästare i Curitiba, såg en möjlighet att skapa något nytt av situationen vilket han kommenterar nästan 40 år senare med: ”Glöm inte, kreativitet börjar när man tar bort en nolla från budgeten. Tar man bort två nollor är det ännu bättre. ” (Lerner, 2007) Med den tanken öppnades världens första Bus Rapid Transit under tidigt 1970-tal. Systemet kunde utföras med en investering motsvarande 3 till 6 % av vad en tunnelbana skulle ha krävt. (Friberg, 2000)



Figur 7 Curitiba's BRT-linjenät. Kartan till vänster visar expresslinjerna vilka bildar ett tydligt och enkelt nät. Kartan till höger visar även direktlinjerna vilka utgör ett mer komplicerat system. (Wright, Hook 2007)

Efter flera om- och utbyggnader är Curitiba's BRT idag ett av världens mest använda med 20 000 passagerare per timme och riktning under rusningstid, se Figur 7. Systemet har en tydlig identitet med speciella fordon, karaktäristiska stationer och ett effektivt förviseringssystem. (Henser & Golob, 2008) Curitiba's hela stadsbild har definierats utifrån dess kollektivtrafiknät, där BRT-stråken utgör stadens utsträckta centrala affärsdistrikt. I och med stadens utformning kring kollektivtrafiken har bussarna fått en mycket stark identitet och utgör ett uppenbart transportval för resor inom staden, trots ett av landets högsta relativa bilinnehav på 65 bilar per 100 invånare. (Strambi, 2010a)

Bogotá

TransMilenio i Bogotá är ett stängt BRT med genomgående mycket hög standard. Körfälten är alltid helt exklusiva för de speciella fordonen och färdbeviskontrollen sker genomgående vid ingången till stationerna. Vid stationerna finns alltid ett omkörningskörfält vilket gör att trafiken kan hålla mycket god hastighet. (Henser & Golob, 2008)

I Colombias huvudstad Bogotá hade trafiksituation på 1990-talet vuxit sig till ett allt större problem. Stadens busstrafik drevs vid denna tid av ett mycket stort antal företag vilka alla konkurrerade om licensavtal för att få betjäna de olika linjedragningarna. Företagen i sig ägde inga fordon utan kontrakterade i sin tur mindre bolag, många gånger enskilda bussförare med tillgång till en duglig buss. Ägarna till dessa småföretag betalade en avgift till licenshållaren och var sedan fri att plocka upp så många betalande passagerare som möjligt, vilket ofta ledde till kaos på gatorna. Systemet kritiserades kraftigt men fortgick så länge den utbredda korruptionen med licenserna gagnade lokalpolitikerna. (Gilbert, 2007)

I slutet på 1990-talet var situationen kritiskt i Bogotá och en utredning visade på att ett eftertraktat tunnelbanenät inte var möjligt inom ekonomiska ramarna som staden hade. Inspirerad av Curitiba's kollektivtrafikutbyggnad drygt två decennier tidigare föreslog dåvarande borgmästaren att staden skulle förses med världens största BRT. (Gilbert, 2007)

År 2000 öppnades på det sättet TransMilenio, se Figur 8, vilket idag är världens överlägset kapacitetsstarkaste BRT. Det avancerade bussystemet har ungefär 45 000 passagerare per riktning och timme, fullt jämförbart med tunnelbana. Systemet består av nio stycken högkvalitativa tvåfiliga busskorridorer med 114 stationer utrustade med färdbeviskontroller och täcker stora delar av staden. (Henser & Golob, 2008)

TransMilenio visar tydligt att ett högkvalitativt BRT mycket väl kan uppnå den så kallade spåreffekten, där systemets tydlighet och identitet i sig blir en betydande del av dess popularitet. Bogotá's fastighetsmarknad har påverkats starkt av BRT. I områden som har gångavstånd till någon av stationerna på någon av de nio huvudlinjerna har fastighetsvärdet ökat markant, något som framförallt gäller i stadens medelinkomstområden. (Munoz-Raskin, 2009)



Figur 8 Bogotá's TransMilenio (Wright, Hook 2007)

TransMilenio har under det senaste årtiondet visat potentialen i stadsförnyande med busstrafik och agerat förebild för flertal BRT runt om i världen. (Gilbert, 2007) Dock riktas kritik mot att systemet expoterats utan att djupare analys huruvida framgången beror på stadens karaktär

eller systemet själv. Vidare har TransMilenios succé, vilken inte var helt väntad, bidragit till den höga grad av trängsel som idag råder på systemet. Det sänker kvalitén och komforten och i efterhand menar många att systemet skulle kunna ha dimensionerats än högre än till den redan rekordhöga kapaciteten. (Strambi, 2010a)

Nantes

Nantes i västra Frankrike anses av många vara själva vaggan för modern kollektivtrafik och 1826 öppnades här världens första omnibusslinje. År 2006, det vill säga 180 år senare, öppnades Bus Way linje 4, Nantes nya BRT som kompletterar stadens tre existerande spårvägslinjer, se Figur 9. Bus Way är ett stängt system med genomgående mycket hög kvalitet. I en stad som Nantes där befolkning är vana spårvägresenärer är det extra viktigt att BRT-linjen kan leverera service i lika hög kvalitet som det befintliga spårvägsnätet. För att säkerställa detta har Nantes Bus Way satsats stort på goda stationsmiljöer och attraktiva fordon. Staden garanterar även att bussarna är helt oberoende av biltrafiken för dess framkomlighet och därför alltid har en hastighet på omkring 22 km/h. (Caisse des Dépôts, 2007)



Figur 9 Nantes Bus Way 4 har många likheter med spårvagn (Caisse des Dépôts, 2007)

Eugene och Springfield

I USA är synen på kollektivtrafik och BRT något annorlunda än den europeiska. Kollektivtrafikplaneringen utgår mer från bil som standard vilket gör att bussystem ofta inte tillåts ta plats, dock finns exempel på innovativa BRT från USA.

EmX i Eugene och Springfield är ett stängt högkvalitativt BRT med exklusiva körbanor, tydliga stationer i höjd med fordonens insteg samt realtidsinformation i både fordon och på stationer. (Carey, 2008)

Eugene och Springfield i Oregon, USA är två städer som har växt samman till ett storstadsområde. Resandet mellan de två stadskärnorna sker till största del med bil och vägnätet är mycket väl utbyggt. Under den andra hälften av 1990-talet började de lokala myndigheterna planera en strategi för utbyggnad av kollektivtrafik i och med att efterfrågan ökade i takt med ökat bensinpris. Med de stigande bränslepriserna i åtanke var planen först inriktad på en eldriven Light Rail Transit lösning, men de stora kostnaderna för ett spåbaserat system visade sig överstiga budgeten för Eugene – Springfieldregionen med sina drygt 300 000 invånare. Lösningen blev en BRT länk mellan de två stadskärnorna, med stor vikt vid att systemet skulle utrustas med egenskaper som traditionellt representerar LRT. (Carey, 2008)

EmX är en 6,5 km lång bussväg på en exklusiv bussgata som till största del går i vägens mitt, allt för att tydliggöra bussen och förbättra dess framkomlighet. (Henser & Golob, 2008)

Bussvägen ligger helt skild från övrig trafik på en betongkörbana som på vissa delsträckor har försatts med en gräsremsa längs mitten, se Figur 10. Gräset förstärker intrycket av bussen som ett eget och unikt system samt stärker kopplingen till LRT. I de fall då EmX går utanför den spårliknande banan är körfältet tydligt skilt från övriga körfält genom kantsten samt betongbeläggning istället för asfalt som på övriga körbanor. (Carey, 2008)



Figur 10 EmX har körbanor i annat material än den parallella bilvägen. (Carey 2008)

En av mest intressanta aspekterna med EmX är de sträckor på linjedragningen som endast har en körbana vilket utnyttjas i båda riktningarna. Det är ett vanligt koncept inom spårbunden kollektivtrafik men är helt nytt i sammanhang med buss. De tydliga fördelarna med ”enkelspår” är effektiviteten i användandet av infrastrukturen samt utrymmesbesparingen. Dock ställer det höga krav på den operationella effektiviteten samt säkerheten. För att kunna säkerställa dessa båda krav är det väsentligt att inga fordon tvingas vänta i onödan vid starten för enkelspåret samt garantera att två fordon aldrig kan hamna i en situation där en frontalkrock kan uppkomma. För att undvika dessa problem är enkelspåravsnitten relativt korta samt erbjuder alltid lång fri sikt för bussförarna. Samma principer som för spårbaserade system har används för att kontrollera fordonens position där sensorer på bussarna anropar tillstånd för att gå in på en enkelvägssträcka.(Carey, 2008) Principen är intressant då den på allvar tar in faktorer från LRT, dock är det viktigt att påpeka att EmX endast har cirka 500 passagerare i rusningstid per timme och riktning. (Henser & Golob, 2008)

3.2.2 Öppna BRT

São Paulo

São Paulos BRT är ett öppet system av mycket varierande kvalitet. En del av korridorerna har helt exklusiva körfält med omkörningsmöjligheter vid hållplats. Dock är flera av stadens kollektivtrafikkorridorer betydligt rörigare där bussar av varierande kvalitet delar sitt utrymme med både taxi och ständigt närvarande utryckningsfordon. Det skapar stora problem både med trängsel och tydlighet.(Strambi, 2010a)

Brasilianska Curitiba var först i världen med BRT men världens största bussystem finns idag i grannstaden São Paulo. Med fler än 10 gånger så högt invånarantal och ett betydligt lägre bilinnehav än Curitiba har São Paulo en av världens högsta efterfråga på kollektivtrafik. (Curitibas kommun, 2010) (Guizzo, 2007) São Paulos BRT består av 12 stycken korridorer med exklusiva busskörvägar och stationer belägna i mittrefugen. De flesta av dessa trafikeras av bussar som endast har delar av sin linjedragning genom korridoren, ett så kallat direktservicesystem. (São Paulos delstats transportforum, 2010) (Wright & Hook, 2007) São Paulo har även en spårbunden kollektivtrafik med hög kapacitet, men med totalt drygt 40 miljoner resor per dag inom stadsområdet så räcker inte spåren till. Vidare är stadens biltrafik nästintill stillastående under stora delar av dagen, detta trots, eller kanske på grund av, konstanta utbyggnader av vägsystemet. Lägg därtill en praktiskt taget obefintlig cykeltrafik och en totalavsaknad av gångnät. (Nigriello, 2010) Situationen har lett till att São Paulo har, till antalet stationer räknat, världen överlägset största BRT-system, vilket även är världens näst största med avseenden på antal resande. (Henser & Golob, 2008)



Figur 11 En av São Paulos BRT-korridorer under rusningstid (Guizzo 2007)

São Paulos BRT har vuxit fram successivt i och med att stadens transportbehov har växt, därmed finns inget centralt planerat system och ingen självklar identitet för systemet. Där möjlighet har funnits har busskorridorer skapats för att öka framkomligheten och bussar från cirka 15 olika operatörer kör in och ut från korridorerna tillsynes utan något övergripande struktur. (São Paulos delstats transportforum, 2010) De nästan 2000 busslinjerna bildar tillsammans vad som anses vara världens mest komplexa bussystem. (Guizzo, 2007) Alltsammans är São Paulos bussystem mycket svårförståeligt för användarna och barriären för sällanresenärer att resa med bussarna blir därmed stor. Direktservice organisationen med mycket stort antal bussar som nyttjar korridorerna skapar problem med trängsel under

rusningstid, framför allt i närhet av hållplatser och korsningar. Det är inte ovanligt i de hårdast trafikerade korridorerna att så pass många bussar befinner sig på samma sträcka att buskörfältet helt enkelt mätts och hastigheten, och med den kapaciteten, går mot noll, se Figur 11. Det försämrar givetvis pålitligheten för busstrafiken avsevärt. (Strambi, 2010a)

Dock pågår förbättringar av São Paulos BRT. Med en högre grad av styrning från kontrollcenter och fler automatiska kontrollsystem hoppas staden kunna effektivisera användandet av bussarnas utrymme. Till en av de senare åtgärderna hör att de fysiska barriärer som tidigare skilde buskörfälten från övrig trafik har ersatts med en heldragen linje. Det skapar värdefull yta i gaturummet som kan användas för att öka framkomligheten. För att garantera att inga andra fordon utnyttjar buskörfälten har ett övervakningssystem installerats som genererar direkta böter vid överskridande av bussarnas fält. (Guizzo, 2007) Systemet är fortfarande nytt och än finns ingen utvärdering som kan påvisa dess effekter.

Porto Alegre

Brasilien är det land som starkast har tagit till sig effektiva busslösningar. Förutom Curitiba tidiga och mycket välkända kollektivtrafik anlades faktiskt ytterligare två BRT så tidigt som på 1970-talet i Brasiliens sydligaste provinshuvudstad Porto Alegre samt i det central belägna Goiânia. (Henser & Golob, 2008)

I Porto Alegre skapades ett öppet BRT för att förse staden med effektiv radiell kollektivtrafik från centrum till närförorterna. Systemet fungerade bra fram till början på 90-talet då ett konstant ökat resande kombinerat med att kollektivtrafiken i stort sett hade varit densamma under 20 år ledde till en fallande kvalitet. När rusningstrafiken nådde 26 000 passagerare per timme och riktning blev systemet snabbt överbelastat och kapacitet föll hastigt. Dåligt planerad linjedragning gjorde att många bussar i korridorerna var nästan tomma medan andra körde överfulla. Porto Alegre visade därmed att ett öppet system som saknar omkörningsmöjligheter, förvisering och kontroll över fordonsparken är mycket känsligt för stora resenärsflöden. På senare år har förslag lagts om att omorganisera Porto Alegres busstrafik till ett matarservicesystem för att tackla problemen med stillastående busskorridorer, men än har inget beslut tagits för att starta ombyggnaden, (Antonio Lindau m.fl., 2009)

Guangzhou

Asien är området där snabbast utveckling sker just nu och där återfinns två BRT-system som är unika eftersom de är stängda system med direktservice.

I Guangzhou i sydöstra Kina öppnade 2010 en 23 km långt BRT-korridor med cirka 20 000 passagerare per timme och riktning under rusningstid. (Guangzhou BRT, 2010) Det är därmed Asiens kapacitetsstarkaste BRT och även det kapacitetsstarkaste BRT utanför Latin Amerika. (Henser & Golob, 2008) Guangzhou är ett högkvalitativt BRT med förvisering, stationer i instigningshöjd, omkörningsmöjlighet vid stationer och helt exklusiva körbanor, se Figur 12. Den höga kapaciteten och den stora infrastrukturen gör systemet likt TransMilenio i Bogotá. Dock finns en avgörande skillnad, Guangzhou BRT är, till skillnad från TransMilenio inte ett bytesmatat system, utan ett direktservice system. (Wright & Hook, 2007)



Figur 12 Guangzhou BRT är stängd med direktservice (Guangzhou BRT 2010)

Ahmedabad

I Ahmedabad i västra Indien finns sedan slutet på 2009 landets första kompletta BRT som sträcker sig 16,5 km genom ett av stadens utvecklingsområden. Till skillnad från det några år gamla BRT-försöket i huvudstaden Delhi tillhandahåller Ahmedabad BRT alla viktiga komponenter såsom skyddade stationer, förviseringssystem och information i realtid. (The Economic Time 2010) Systemet bygger på en separerad busskorridor i mitten på gatan där stationerna är belägna som mittplattformar, se Figur 13. Stationerna ha även väggar ut mot körbanan med dörrar som öppnar vid på och avstigning. (Ahmedabad Bus Rapid Transit System, 2009) Ahmedabad BRT representerar, tillsammans med Guangzhou BRT, den nya sortens BRT som är stängda system med direktservice.



Figur 13 Ahmedabad BRT (Bus Rapid Transit System 2009)

3.3 Stockholms kollektivtrafik

Stockholms kollektivtrafik består av ett finmaskigt nät av spår – och busstrafik uppbyggt av direktrafik, kommuntrafik, landsbygdstrafik, nattrafik, närtrafik samt stamnätstrafik. Stamnätet i sin tur består av fyra skiljda trafikslag; tunnelbana, pendeltåg, lokalbanor samt stombussar, se Figur 14. Lokalbanorna i sin tur består av fem inbördes mycket olika spårssystem och även stombussarna kan delas upp i två kategorier, innerstadsstombussar samt förortsstombussar. Stamnätstrafiken representerar cirka 75 % av det totala antalet personkilometer inom Stockholms kollektivtrafik och utgör därför kollektivtrafikens klart viktigaste del. (Casemyr & Blomquist, 2009) En vintervardag i Stockholmslän sker cirka 2,5 miljoner påstigningar inom SL vilket motsvarar ungefär 700 000 resenärer eller 24 % av alla resor inom länet. (Blomquist, 2010) (SL, 2007)



Figur 14 Stockholms stamlinjenät (AB Storstockholms Lokaltrafik 2007)

3.3.1 Stamnätet

Av stamnätets alla linjer är det endast 5 av ytterstadsstombusslinjerna samt tvärbanan som trafikera nätet i tvärlinje, resten av nätet är radiellt vilken tydligt återspeglas på kollektivtrafikandelen för olika sorters av resor. För resor till och från innerstaden är kollektivtrafikandelen hela 60 %, betydligt högre än för övriga resor. Det kan jämföras med kommunöverskridande resor inom en och samma länshalva där kollektivtrafikandel är 21 %.(Blomquist, 2010)

Stomnätets känns igen på sin tydlighet i ett långsiktigt perspektiv och den överlag höga turtätheten, vilket är egenskaper som genererar förtroende för kollektivtrafiken. (Casemyr & Blomquist, 2009)

Pendeltåget är baserat på det gamla järnvägsnätet och stationerna ligger ofta i centralt i gamla stationssamhällen eller kommuncentra. Nätet består av två linjer söderut vilka möts vid Älvsjö och går parallellt genom city till Karlberg där de återigen separerar. Linjedragningen är till stor del gammal vilket bidrar till att bebyggelsestruktur ofta är väl uppbyggd kring pendeltåget. De två korsande pendeltågslinjerna har cirka 250 000 påstigande per vardag vilket representerar 10 % av det totala resandet med SL. (SL, 2007)

Tunnelbanan har en mycket tung roll i stomnätet och representerar med sina drygt en miljon påstigande per dag cirka 45 % av kollektivtrafiken och är där med det största enskilda nätet. (SL, 2007) Liksom pendeltåget är tunnelbanan helt och hållet ett radiellt system där alla linjer möts på T-centralen. Tunnelbanan stationer ligger i stadsdelscentrum inom Stockholms kommun samt sträcker sig till norra Botkyrka, Solna, Sundbyberg och Danderyd. På grund av tunnelbanans höga kapacitet skapas ofta starka loka centrum kring stationerna vilket i sin tur leder till ökat reseunderlag. (Casemyr & Blomquist, 2009)

Utöver dessa två spåralternativ finns det ytterliga fem lokalbanor. Tre av dessa, Roslagsbanan Saltsjöbanan och Lidingöbanan, är radiella banor som förbinder kranskommuner med innerstaden. Lidingöbanan har cirka 10 000 påstigande per dygn, Saltsjöbanan ungefär det dubbla och Roslagsbanan, som täcker ett betydligt större geografiskt området än de andra två, har cirka 37 000 resenärer per dygn. (Casemyr & Blomquist, 2009) (Blomquist, 2010) Dessa tre banor är alla runt 100 år gamla och står inför omfattande upprustningar för att kunna möta kravet på högre kapacitet. Nockebybanan däremot fungerar som matarlinje från Nockebys villakvarter in till Alvik där resenärerna främst byter till Tunnelbana. (Blomquist, 2010) Betydligt moderna är Tvärbanan som trafikerar Sickla Udde – Alvik och för närvarande är under ytterligare utbyggnad på dess norra del. Tvärbanan är, borstet från fem stombusslinjer med avsevärt färre resenärer, den enda delen av stomnätet som går på tvären utanför innerstaden. Tvärbanan har sedan den öppnades för tio år sedan blivit populär och har i dagsläget cirka 45 000 påstigande per dygn. (Casemyr & Blomquist, 2009)

Det senaste tillägget till stomnätet är Spårväg City som i nuvarande sträckning trafikerar Waldermarsudde - Sergelstorg. Sträckan fram till Norrmalmstorg har trafikerats tidigare som museispårväg, men med Spårväg City har en upprustning genomförts, nya moderna vagnar och en hållplats på Hamngatan har lagts till. SL planerar att bygga ut spårvägen till Kungsholmen i väster och Ropsten i norr vilket då skulle innebära en ny stomlinje i Stockholms innerstad. (SL, 2010)

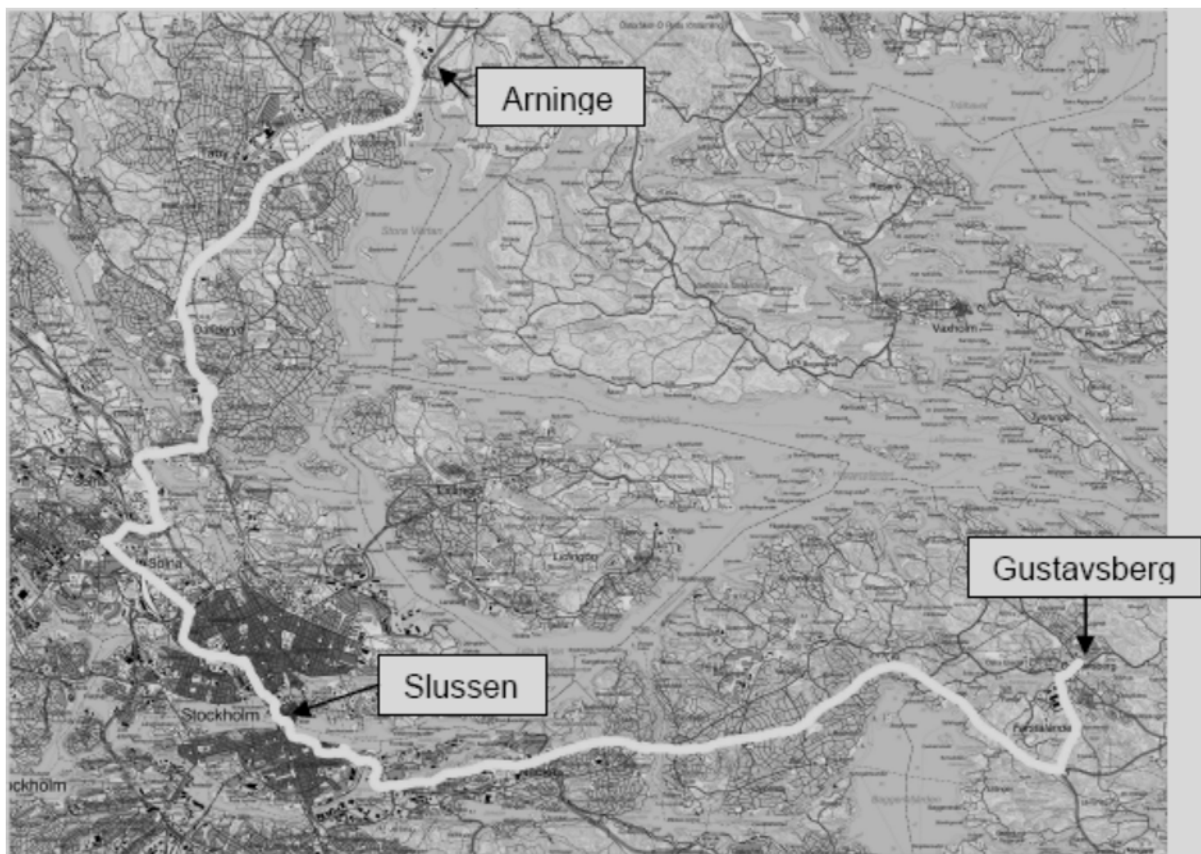
Stockholmskollektivtrafik har arton stombusslinjer varav 14 sträcker sig utanför innerstaden. Av dess går sju stycken i radiell trafik och förbinder kommuncenter utan spårtrafik till Stockholms innerstad. Övriga linjer går i tvärled och förbinder ytterstadens kommun – och lokalcenter till varandra. (Casemyr & Blomquist, 2009)

Fyra återstående stombusslinjer trafikerar innerstaden och har linjenummer 1, 2, 3 och 4. Dessa kompletterar innerstadens stornät och täcker in de områdena som saknar tunnelbana. Linje 1 går på tvären genom innerstadens norra del och binder på så sätt ihop Stockholms innerstads norra halva på ett sätt som den radiella trafiken missar. Linje 2 trafikerar östra Södermalm som ligger utanför tunnelbanenätet och binder ihop dessa områden med Slussen, City och Norrmalm. Linje 3 startar på den delen av södra Södermalm som ligger utanför tunnelbanenätet och binder ihop det området med City och Kungsholmen och fungerar vidare som en tvärlänk mellan Kungsholmen och Karolinska i Solna. Stombusslinjen med störst antal resenärer är linje 4 som har nästan dubbelt så många resande som de övriga stombusslinjerna. Den är utformad som en tre fjärdedelars ringled kring innerstaden och går genom Södermalms utkant, tvärs över Kungsholmen, Vasastan och Norrmalm, med ändhållplats vid gärdet. Utformningen fyller ett starkt behov av tvärförbindelser i innerstaden vilket tunnelbanan saknar, det tydliggörs inte minst på det mycket höga resandeunderlaget över västerbron.(SL, 2007)

Viktigt att poängtera är att innerstadens stombussar inte håller högre hastighet än övriga innerstadsbussar, istället är det dess tydlighet och höga turtäthet som genererar det höga antalet nöjda resenärer.(SL, 2007)

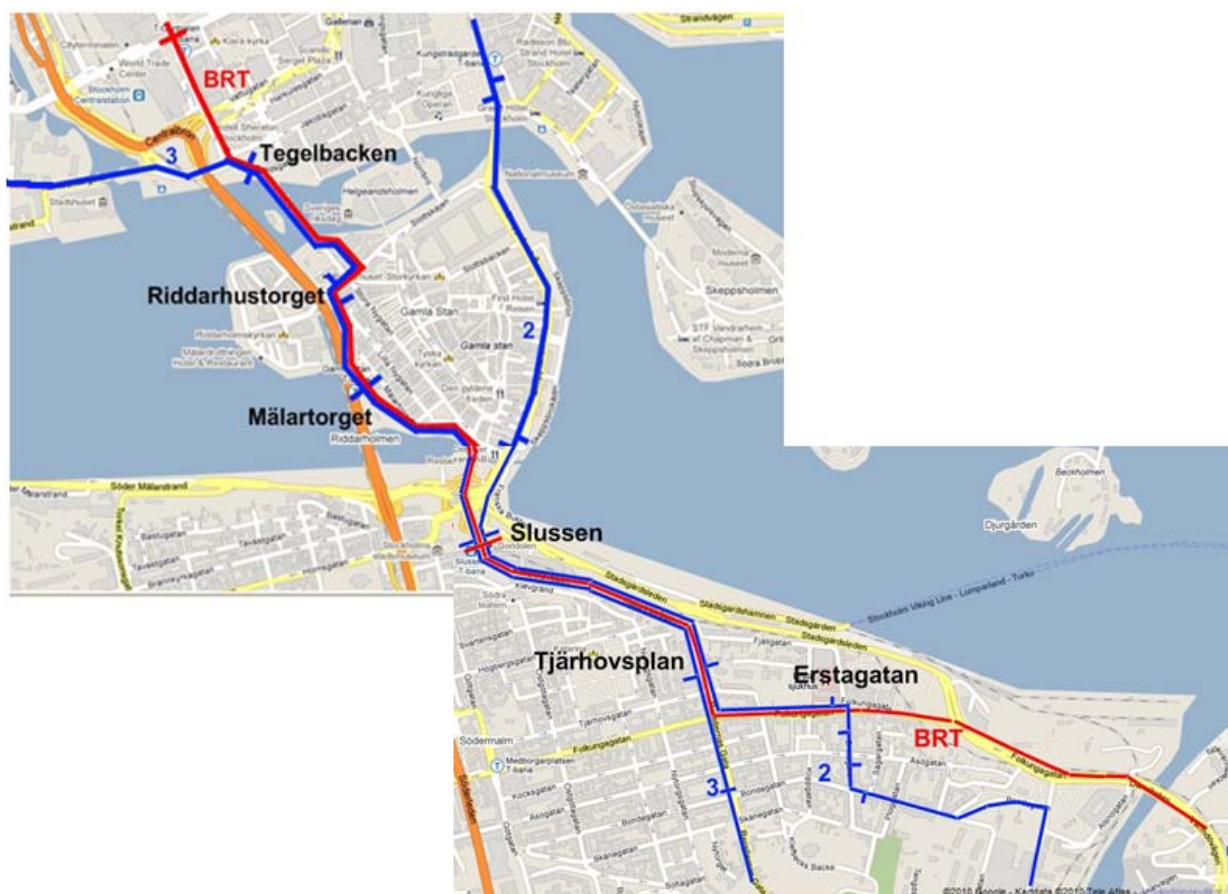
3.3.2 BRT i Stockholm

2009 genomförde Stockholms Lokaltrafik en idéstudie angående BRT i Stockholms län. Studien fokuserar på idén ”Tänk spår – kör buss” och introducerar med det förslaget om en Bus Rapid Transit linje i Stockholm. SL utgår från dagens stornät och resonerar hur behovet av ökad kapacitet kan tillfredställas både kostnadseffektivt och snabbt. Studien nämner att samtliga stombusslinjer inom SL är intressanta ur ett BRT-perspektiv, men idén som presenteras handlar om en korridor från Nacka genom innerstaden vidare mot Solna och sedan Arninge, se Figur 15.



Figur 15 Kartbild som visar förslag på en första BRT-korridor i Stockholm (Bäckwall, 2009)

En möjlig väg för den diskuterade BRT-linjen in mot innerstaden är via Danvikstull och upp för Erstagatan fram till Reinsternasgata, en sträcka som delvis även trafikeras av stombusslinje 2. Vidare studeras möjligheten att BRT-linjen försätter på Katarinavägen mot Slussen, en delsträcka som även trafikeras av stombusslinje 2 och 3. Från Slussen är en eventuell linjedragning av BRT-linjen parallell med stombusslinje 3 längs Munkbron och Vasabron fram till Tegelbacken. Där kan BRT-linjen skiljas från stombusslinjerna och fortsätta via Vasagatan, upp för Torsgatan och vidare mot Solna. (Bäckwall, 2009) Figur 16 visar den föreslagna linjedragningen genom innerstaden med hållplatser för befintliga stombusslinjer inritade.



Figur 16 Rött sträck visar föreslagen linjedragning för BRT-linjen över Södermalm och genom Gamla Stan. De blå linjerna är befintliga stambusslinjer.

Det är en förutsättning från SL:s sida att den nya BRT infrastrukturen kan användas även av stambusslinjerna där deras linjedragning är parallella. Dock är det oklart huruvida de lägre prioriterade stadsbussarna ska få ta del av den nya BRT-strukturen. (Bäckwall, 2009)

I skrivandets stund arbetar Trivector Traffic på uppdrag av SL på en förstudie angående denna BRT.

3.4 Slutsats - Nackdelar för BRT med att dela körfält med andra bussar

Litteraturstudien visar på att det finns flera tydliga problem med att låta övriga stadsbussar använda BRT-körfält. Nackdelar finns i såväl framkomlighet som identitet. I fallet med BRT i Stockholm är det dock troligt att stambusslinjerna kommer att få använda BRT körfälten. För att inte försämra kvalitén på hela BRT-linjen är det viktigt att problemen med delad körbana synliggörs för att i bästa mån kunna åtgärdas. Det handlar om problem med att BRT får vänta bakom stambussarna vid hållplats och korsningar, den egna identiteten för BRT och tydlighet till användare. Därför är det oerhört viktigt att dessa aspekter får hög prioritet. Vidare finns det även en risk att de övriga stadsbussarna kan använda BRT vilket kan komma att komplicera situationen ytterligare och få Stockholms BRT att likna ännu en busslinje bland andra, något som tidigare drabbat öppna direktservicesystem. Med både BRT-bussar, stambussar och stadsbussar kommer kontrollen av systemet minska och negativa egenskaper för ett öppet BRT att uppstå.

Därmed blir det intressant att se på de vanliga problemen med ett öppet direktservicesystem och lokalisera vart det är möjligt att åtgärda dessa. Typiska problem i sådana system är köbildning vid hållplatser och korsningar samt komplicerat utseende som stänger ute sällanresenärer.

Det förstnämnda problemet, köbildning vid hållplatser, kan analyseras i detalj. Med känd turtäthet för alla busslinjer som går parallellt med BRT samt antagen turtäthet för BRT är det möjligt att beräkna köbildningen vid hållplatser samt den risk för kolonnkörning som det medför. Eftersom det är ett förslag från SL att stombussarna ska använda BRT körfälten är det mycket relevant att beräkna stombussarna inflytandet på BRT-linjen. Problematiken uppstår endast på den delsträcka inom det studera området där stombusslinje 2 och 3 möter BRT vilket är Erstagatan – Tegelbacken.

Eftersom innerstaden gator är har en mycket begränsad yta att använda finns det inte någon praktiskt möjlighet för omkörning vid BRT-hållplatser. Omkörning är även negativt för bussens framkomlighet då den tvingas att svänga i sidled vid dessa manövrar.

Den studerade BRT-lösning i Stockholm föreslås bestå av en enda linje. Dock uppstår en situationen med att denna enda linje på vissa sträckor går parallellt med stombusslinjerna, som redan idag har vissa BRT-egenskaper. Norr och öster om innerstaden handlar det om regionala stombussar, vilka möjligtvis i viss mån kan ersättas av BRT. Genom innerstaden är det istället innerstadsstombussarna, linje 1-4, som kan tänkas interagera med BRT. Därför kan den studerade BRT på vissa sträckor, främst genom innerstaden, att liknas med ett öppet BRT.

4. Empirisk studie

4.1 Metod

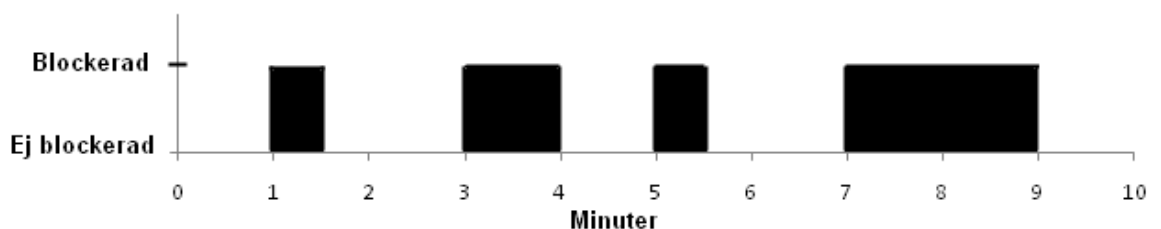
För att ta reda på hur den planerade BRT-linjen skulle kunna påverkas av stombussarna genomförs en fältstudie och data från den analyseras. Studiens syfte är att beräkna risken för kolonnkörning på BRT-linjen.

En av de allra viktigaste egenskaperna för att framgångsriks BRT är pålitlighet och därför är punktligheten en känslig parameter. BRT-linjen planeras med så pass hög turtäthet att passagerarna inte ska behöva använda tidtabell utan istället gå direkt till stationen och invänta nästa avgång. Till följd av detta är själva punktligheten för BRT-fordonen inte något vidare intressant, däremot är tiden mellan avgångarna mycket viktigt. Om de framkomlighetshindren som finns längs BRT-linjens sträckning är homogent distribuerade har det ingen påverkan på tiden mellan avgångar, om hindren däremot är ojämna och endast drabbar vissa avgångar uppstår problem. Denna variation kan leda till kolonnkörning, det vill säga att en buss kör ikapp en annan vilka sedan färdas direkt efter varandra längs hela resterande linjen (alternativt till nästa reglerhållplats).

Beräkningen av risken för kolonnkörning på BRT-linjen utförs i tre steg:

1. *Fältdata* från befintliga busshållplatser som kommer att påverka BRT-linjens framkomlighet på den aktuella sträckan samlas in och studeras. Studiens syfte är att veta exakt under vilka intervaller hållplatserna är blockerade under en timme i rusningstrafik.
2. *Förseningar*. Med kända blockeringsintervaller på hållplatserna kan förseningarna på BRT-linjen beräknas. I Figur 17 visas ett förenklat exempel på ett diagram för en hållplats vilken är blockerad fyra gånger under ett tiominuters intervall.

Figur 17



Figur 17 Exempel på blockering för busshållplats

Blockeringarna i exemplet pågår i en halv, en, en halv samt två minuter. Det ger totalt 4 minuters blockerad tid, med genomsnitts intervall på en minut enligt $(0,5+1+0,5+2)/4$ samt totalt 40 % av tiden blockerad. Eftersom BRT-fordonet anländer oberoende av annan busstrafik kommer ankomsterna att vara jämnt fördelade inom de blockerade intervallen. Det medför att genomsnittlig väntetid för ett BRT-fordon som anländer under ett blockerat intervall är hälften av den genomsnittliga

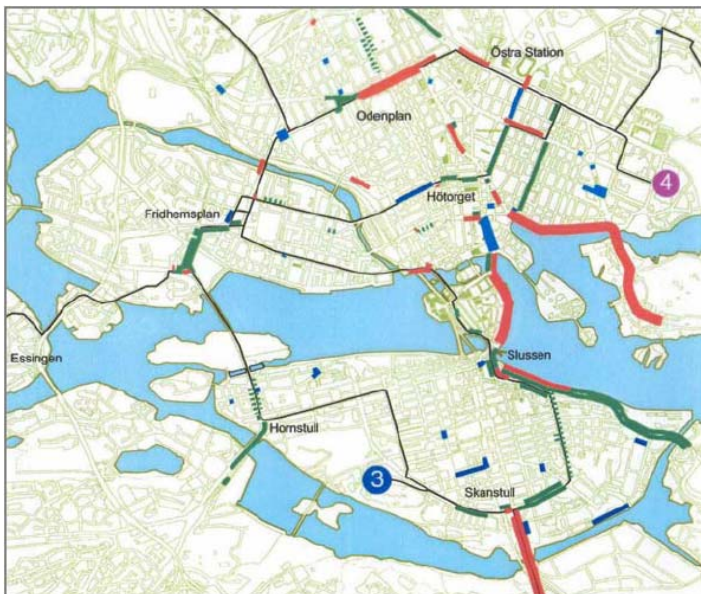
intervallängden. I detta exempel ger det $(0,25+0,5+0,25+1)/4=0,5$ vilket är hälften av det genomsnittliga blockeringsintervallet på 1 minut. Slutsatsen är att 40 % av BRT-bussarna försenas med i genomsnitt 0,5 minuter.

Med denna metod beräknas förseningar för samtliga av de studerade hållplatserna.

3. *Kolonnkörning*. Med kända förseningar vid varje hållplats kan risken för kolonnkörning beräknas. Uppkomsten av kolonnkörning beror utöver förseningar även på turintervall, antal passagerare som anländer till hållplatserna och tid för påstigning.

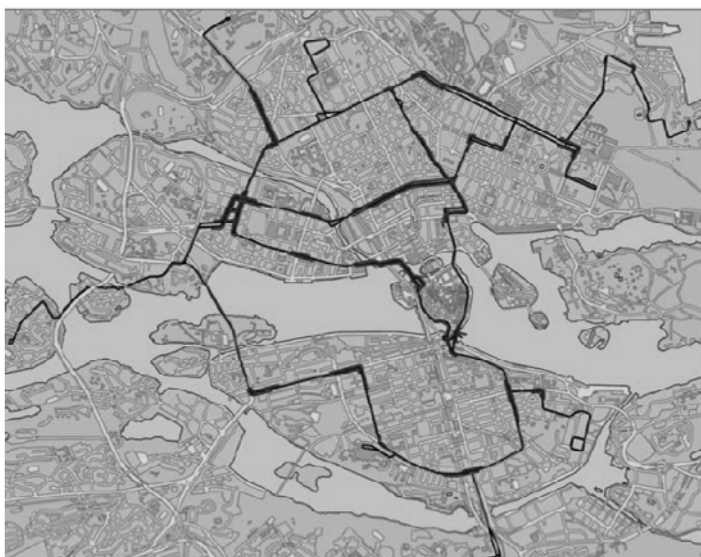
4.2 Framkomlighet på aktuell sträcka

Med en av kartorna framtagen av SL i rapporten "Utveckling av stomtrafiken i Stockholms innerstad" (2007), framgår på vilka sträckor som stombusslinjerna har egna kollektivkörfält i mitten på gatan samt längs kantstenen, se Figur 18.



Figur 18 Separata körfält för busstrafik. Rött=kollektivkörfält i mitten, grönt=kollektivkörfält vid kantsten, blått=bussgata. (AB Storstockholms Lokaltrafik, 2007)

Ovan nämnda karta kan jämföras med Figur 19 från samma rapport som visar på vilka sträckor som stombusslinjerna har framkomlighetsproblem.



Figur 19 Gatusträckor där stombusstrafiken har framkomlighetsproblem. (AB Storstockholms Lokaltrafik, 2007)

Längs den studera sträckan där Stockholms BRT går parallellt med stombusslinjerna uppstår trängsel på fem platser; Erstagatan/Folkungagatan, Tjärhovsplan, Slussen, Kornhamstorg/Mälartorget och Vasabron/Tegelbacken. Av dess fem delsträckor finns kollektivkörfält endast vid Tjärhovsplan och Slussen. På de övriga sträckorna går stombussarna i blandtrafik vilket gör att ett BRT-körfält som även innefattar stombussarna skulle öka framkomligheten väsentligt på problem sträckorna Erstagatan/Folkungagatan, Kornhamstorg/Mälartorget och Vasabron/Tegelbacken. Tjärhovsplan och Slussen har redan kollektivkörfält, men dessa trafikerar även av övriga stadsbussar vilket medför att BRT-körfält även på dessa sträckor skulle öka framkomligheten.

Ovanstående styckes konstatering innebär alltså att stombusslinjerna endast har att vinna när det gäller framkomlighet. Därför riktas istället fokus mot BRT:s förlust av framkomlighet på grund av andra bussar.

4.3 Behov av omkörningsmöjlighet

Det troliga scenariot för BRT är att speciella BRT-körfält med mycket god framkomlighet för BRT-fordonen används av både dessa och stombussarna. På de sträckor där BRT och stombuss går parallellt är det viktigt att inte framkomligheten för BRT blir allt för låg. Det tydligaste problemet är att stombusslinjerna har betydligt fler hållplatser längs linjedragningen än BRT vilket medför att stombussarna kommer blockera BRT-fordonen vid hållplatsstopp.

Enligt avgränsningen av den här studien studeras sträckan Erstagatan – Tegelbacken. På den sträckan finns fyra dubbelriktade respektive en enkelriktad stombusshållplats, se Tabell 1.

Tabell 1 Hållplatserna på den studerade sträckan.

| Hållplats | Stombusslinje | Föreslagen BRT-hållplats | Kommentar |
|-----------------|---------------|--------------------------|--|
| Erstagatan | 2 | Nej | Endast riktning norrut, motsatt riktning är runt hörnet på Erstagatan. |
| Tjärhovsplan | 2,3 | Nej | |
| Slussen | 2,3 | Ja | Reglerhållplats för stombussarna |
| Mälartorget | 3 | Nej | |
| Riddarhustorget | 3 | Nej | |
| Tegelbacken | 3 | Nej | |

För att ta reda på tidsintervallen på dessa blockeringar utförs studier vid hållplatser utmed linjedragningen. Tre hållplatser studeras; Tjärhovsplan, Mälartorget och Slussen. Vid de studerade hållplatserna är det fem linjer som passerar; stombusslinje 2 och 3 samt linje 53,71 och 76. Stombusslinje 2 och 3 har turintervall på 5-6 minuter under rusningstid. Linje 53 har turintervall på 7-8 minuter. Linje 71 och 76 fungerar som komplettering till stombusslinjerna under rusningstrafiken och har då en hög turtätheten men under övriga dygnet en betydligt glesare trafik. Under den studerade morgonrusningen är turtätheten på linje 71 på 7 minuter och linje 76 på 4 minuter.

4.3.1 Hållplatsstudier

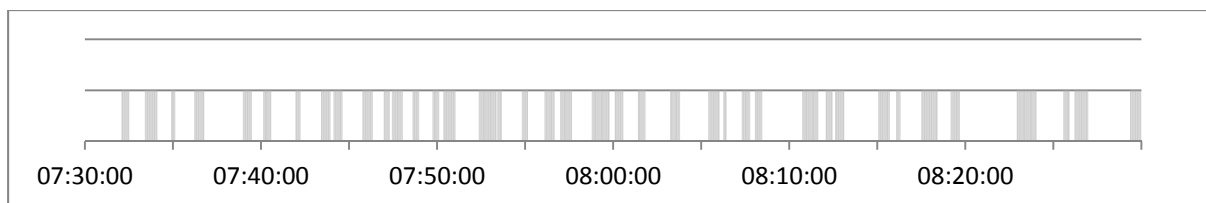
Tjärhovsplan

Tjärhovsplan är den enda hållplatsen längs BRT-linjedragningen där två stycken stombusslinjer stannar vid ett och samma hållplatsläge vilket ger störst risk för blockering av BRT-fordon. I dagsläget stannar stombusslinje 2 och 3 vid hållplatsen samt busslinje 53, 71 och 76 med turintervall enligt ovan.

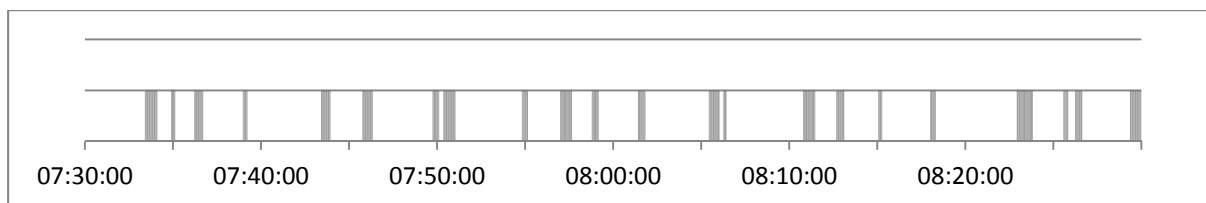
Studier på Tjärhovsplans hållplats i riktning mot Slussen utgörs mellan 7:30 och 8:30 onsdagen den 3 november. Samtliga bussars hållplatstid noteras för att kunna sammanställa under hur stor tid som hållplatsen är blockerad. Sammanställningen visar på vilka intervall under morgonrusningen som är blockerade. Vid observationen vid Tjärhovsplan kunde det konstateras att hållplatsen ej används som reglerhållplats av busschaufförerna.

Studien avser alla fem busslinjer som stannar på hållplatsen, men för att uppskatta en situation med endast stombusslinjer som stannar vid hållplatsen delas resultatet upp i två separata delar, den ena innefattar samtliga busslinjer och den andra endast stombusslinjerna.

I Figur 20 visas längden på samtliga intervall då hållplatsen var blockerad av minst en buss mellan klockan 7:30 och 8:30. I Figur 21 visas längden på samtliga intervall som hållplatsen var blockerad av någon stombusslinje, det vill säga linje 2 och linje 3, under samma morgontimme.



Figur 20 Intervall som hållplats Tjärhovsplan riktning Slussen är blockerad av samtliga busslinjer mellan klockan 7:30 och 8:30



Figur 21 Intervall som hållplats Tjärhovsplan riktning Slussen är blockerad av stombussbusslinjer mellan klockan 7:30 och 8:30

Figur 20 med samtliga fem bussar i åtanke visar att kollektivkörfältet blockerades 38 gånger under den timmen som studien genomfördes. 36 % av tiden var blockerad och blockeringarna varade i genomsnitt 34 sekunder. Förutsatt att BRT-fordonen anländer oberoende av stombussarna kommer i genomsnitt 36 % av BRT-fordonen anlända under ett blockerat intervall och tvingas vänta. I det aktuella fallet blir det hälften av 34 sekunder, alltså 17 sekunder. Utslaget på samtliga BRT-bussar som passerar hållplatsen ger det 6 sekunders fördröjning vid varje passage.

Om endast stombusslinjerna, linje 2 och linje 3, tas med i beräkningen blockerades kollektivkörfältet 22 gånger under den timmen som studien genomfördes, 18 % av tiden var blockerad och blockeringarna varade i genomsnitt 29 sekunder, se Figur 21. Det medför att 18 % av BRT-bussarna skulle få vänta i genomsnitt hälften av 29 sekunder, det vill säga 14,5 sekunder. Utslaget på samtliga BRT-bussar som passerar hållplatsen ger det 3 sekunders fördröjning vid varje passage.

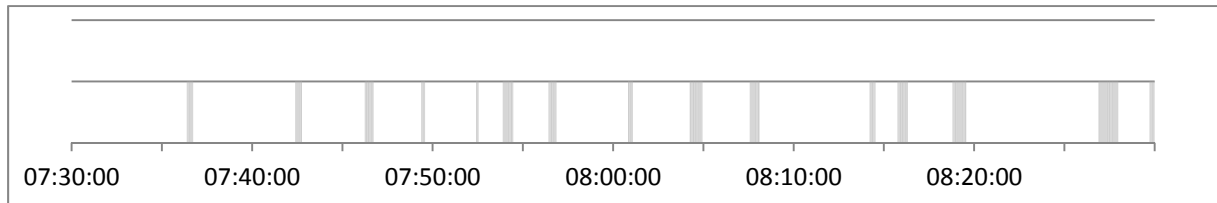
I en situation med stombussar och BRT på samma körfält är risken att ett BRT-fordon får vänta mer än 10, 20 respektive 30 sekunder 12, 7 respektive 3 %. Risken att BRT-fordonet alls hamnar bakom någon av stombussarna vid hållplatsen är 18 %.

Mälartorget

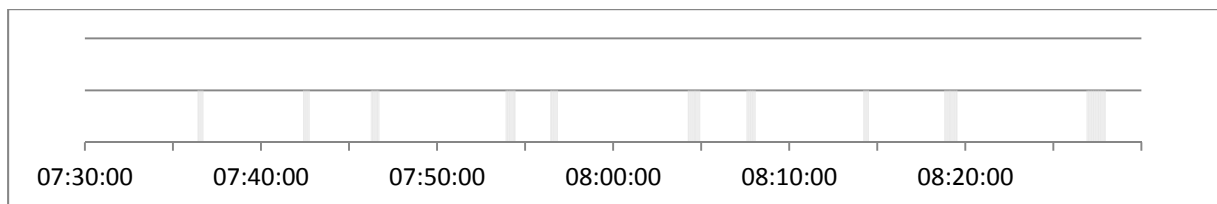
Vid hållplats Mälartorget längs Munkbroleden i Gamla Stan stannar stombusslinje 3 samt busslinje 53, båda i vardera riktning. I Gamla Stan är utrymmet mycket begränsat och förändringar i gatumiljön svåra att få till stånd och med det perspektivet är det intressant att studera hållplatsen Mälartorget. Två separata studier för vardera riktning utförs.

De två busslinjer som stannar vid hållplatsen är linje 3 och linje 53, vilka även studerades vid Tjärhovsplan. Skillnaden är att Mälartorget endast har dessa två bussar. Vid observationen på Mälartorget kunde det konstateras att hållplatsen ej används som reglerhållplats av busschaufförerna.

I Figur 22 visas längden på samtliga intervall då hållplatsen var blockerad i riktning norrut av minst en av busslinjerna 3 och 53 mellan klockan 7:30 och 8:30. I Figur 23 visas längden på samtliga intervall som hållplatsen var blockerad av stombusslinje 3 i samma riktning under samma tid.



Figur 22 Intervall som hållplats Mälartorget riktning norrut är blockerad av samtliga busslinjer mellan klockan 7:30 och 8:30



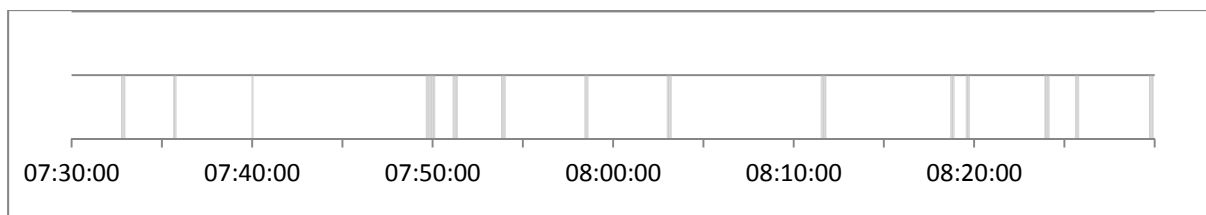
Figur 23 Intervall som hållplats Tjärhovsplan riktning norrut är blockerad av stombussbusslinjer mellan klockan 7:30 och 8:30

Figur 22 med de båda busslinjerna inräknade visar att kollektivkörvägblockerades 15 gånger under den timmen som studien genomfördes. 12 % av tiden var blockerad och blockeringarna varade i genomsnitt 29 sekunder. Förutsatt att BRT-fordonen anländer oberoende av stombussarna får i genomsnitt 12 % av BRT-fordonen vänta i genomsnitt hälften av 29 sekunder, det vill säga 15 sekunder. Utslaget på samtliga BRT-bussar som passerar hållplatsen ger det 2 sekunders fördröjning vid varje passage.

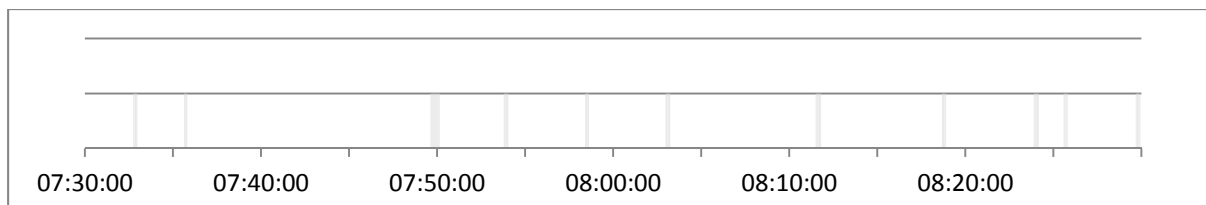
Om endast stombusslinjerna 3 tas med i beräkningen blockerades kollektivkörvägblockerades 10 gånger under den timmen som studien genomfördes, 10 % av tiden var blockerad och blockeringarna varade i genomsnitt 34 sekunder. Det medför att 10 % av BRT-bussarna skulle få vänta i genomsnitt hälften av 34 sekunder, det vill säga 17 sekunder. Utslaget på samtliga BRT-bussar som passerar hållplatsen ger det 2 sekunders fördröjning vid varje passage.

I en situation med stombussar och BRT på samma körväg är risken att ett BRT-fordon får vänta mer än 10, 20 respektive 30 sekunder 7, 4 respektive 2 %. Risken att BRT-fordonet alls hamnar bakom någon av stombussarna vid hållplatsen är 10 %.

I Figur 24 visas längden på samtliga intervall då hållplatsen i var blockerad i riktning Slussen av minst en av busslinjerna 3 och 53 mellan klockan 7:30 och 8:30. I Figur 25 visas längden på samtliga intervall som hållplatsen var blockerad av stombusslinje 3 i samma riktning under samma tid.



Figur 24 Intervall som hållplats Mälartorget riktning söderut är blockerad av samtliga busslinjer mellan klockan 7:30 och 8:30



Figur 25 Intervall som hållplats Mälartorget riktning söderut är blockerad av stombussbusslinjer mellan klockan 7:30 och 8:30

Figur 24 med de båda busslinjerna inräknade visar att kollektivkörväntetiden blockerades 14 gånger under den timmen som studien genomfördes. 6 % av tiden var blockerad och blockeringarna varade i genomsnitt 15 sekunder. Förutsatt att BRT-fordonen anländer oberoende av stombussarna får i genomsnitt 6 % av BRT-fordonen att få vänta i genomsnitt hälften av 15 sekunder, det vill säga 8 sekunder. Utslaget på samtliga BRT-bussar som passerar hållplatsen ger det en halv sekunds fördröjning vid varje passage.

Om endast stombusslinjerna tas med i beräkningen blockerades kollektivkörväntetiden 10 gånger under den timmen som studien genomfördes, 5 % av tiden var blockerad och blockeringarna varade i genomsnitt 16 sekunder. Det medför att 5 % av BRT-bussarna skulle få vänta i genomsnitt hälften av 16 sekunder, det vill säga 8 sekunder. Utslaget på samtliga BRT-bussar som passerar hållplatsen ger det en halv sekund fördröjning vid varje passage.

I en situation med stombussar och BRT på samma körväntetid är risken att ett BRT-fordon får vänta mer än 10 sekunder är 3 %. Risken att de får vänta 20 respektive 30 sekunder är obetydligt liten. Risken att BRT-fordonet alls hamnar bakom någon av stombussarna vid hållplatsen är 5 %.

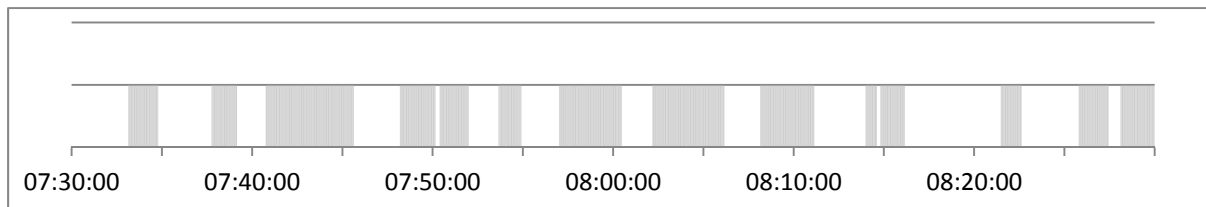
Slussen

Hållplats Slussen är uppdelad i flera busshållplatser. Eftersom BRT planeras få liknande linjedragning som linje 3 kring Slussen studeras linje 3 nuvarande hållplats i riktning centrum, på vilken även linje 53 stannar.

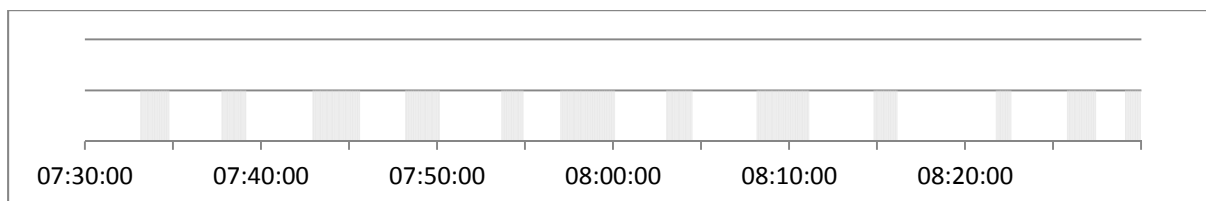
Slussen fungerar idag som reglerhållplats för både linje 3 och linje 53. Syftet med att ändå studera hållplats Slussen är att få en bild av huruvida reglermöjligheten används av busslinjerna samt om dessa tider verkligen ger upphov till omkörningsbehov.

Slussen är en av Stockholms viktigaste knutpunkter för kollektivtrafik och har mycket stora flöden av resenärer. Dock har det en ringa betydelse på hållplatstiderna eftersom studien visar att hållplatsen de facto används som reglerhållplats och bussarna stannar som regel över en

minut. I Figur 26 visas längden på samtliga intervall då hållplatsen i var blockerad i riktning Gamla Stan, av minst en av busslinjerna 3 och 53 mellan klockan 7:30 och 8:30. I Figur 27 visas längden på samtliga intervall som hållplatsen var blockerad av stombusslinje 3 i samma riktning under samma tid.



Figur 26 Intervall som hållplats Slussen riktning norrut är blockerad av samtliga busslinjer mellan klockan 7:30 och 8:30



Figur 27 Intervall som hållplats Slussen riktning norrut är blockerad av stombusslinjer mellan klockan 7:30 och 8:30

Som nämnt ovan används Slussen som reglerhållplats och omkörningsmöjlighet blir därmed helt nödvändig. Till skillnad från de begränsade stadsgatorna som dominerar innerstaden har Slussen gott om plats för omkörningsmöjligheter. Det kan därmed konstateras att Slussen inte är något problemområde för BRT och därför behandlas inte hållplats Slussen vidare i den här studien.

Slutsats hållplatsstudier

I ett scenario med BRT-bussar och andra bussar på samma sträcka utan omkörningsmöjligheter finns det en risk att BRT-bussarna kommer ikapp de andra stombussarna vid deras hållplatser och sedan hamnar bakom dessa under hela sträckan. Därmed kommer BRT-fordonen tvingas vänta bakom stombussarna vid samtliga hållplatser. Det medför att BRT-fordonet får vänta hela stombussens hållplatstid och därmed försenas med upp till flera minuter på sträckan norr och öster om Slussen.

En eventuell framtida situation med både BRT, stombussar och övriga innerstadsbussar på samma körfält skulle ytterligare förvärra situationen för BRT och skapa än mer förseningar. Resultaten från hållplatsstudierna visar entydigt att stombussar och övriga stadsbussar tillsammans blockerar hållplatserna under både större andel tid och med längre blockeringar än enbart stombussarna.

Eftersom Slussen även i framtiden kan antas fungera som reglerhållplats och därför kommer att ha omkörningsmöjligheter fortplantas inte problemet förbi denna hållplats. Det är därför rimligt att behandla sträckan Erstagatan – Tegelbacken som två separerade delsträckor med avbrott på Slussen, se Figur 28 och Figur 29.

Inledningsvis studeras sträckan Slussen – Erstagatan i riktning österut från Slussen, där passerar BRT-linjen endast en stombuss hållplats, Tjärhovsplan. Eftersom Slussen är reglerhållplats för stombussarna kan BRT antagas anlända oberoende av dessa. Antag vidare att hållplats Tjärhovsplan har samma egenskaper i båda riktningar, då kommer 18 % av BRT fordonen hamna bakom antingen stombuss 2 eller 3 och blockeras jämnt fördelat mellan 0 och 29 sekunder, se Tabell 2.

Tabell 2 Förseningar vid hållplats Tjärhovsplan södergående.

| Hållplats | Blockering | Övriga 164 sekunder |
|--------------|---------------|---------------------|
| | 18 % | 82 % |
| Tjärhovsplan | 0-30 sekunder | 0 sekunder |



Figur 28 Sträckan Slussen - Erstagatan med stombusslinje 2 och 3.

Sträckan Erstagatan – Slussen riktning västerut innehåller förutom hållplats Tjärhovsplan även stombusslinje 2 hållplatsen Erstagatan, belägen på Folkungagatan, se Figur 28. Det medför att när BRT passerar Tjärhovsplan finns det redan en risk att den har påverkats av stombusslinje 2 vid hållplats Erstagatan. Denna hållplats kan antas ha liknande egenskaper som hållplats Mälartorget riktning norrut vilket medför 10 % risk, enligt ovan, för BRT-fordonet att hamna bakom linje 2.

Tabell 3 Försening vid hållplats Tjärhovsplan södergående

| Hållplats | Blockerad | Följande 29 sekunder | Övriga 266 sekunder |
|--------------|----------------|----------------------|---------------------|
| | 10 % | 10 % | 80 % |
| Erstagatan | 0-34 sekunder | 0 sekunder | 0 sekunder |
| Tjärhovsplan | 29-63 sekunder | 0-29 sekunder | 0 sekunder |

Enligt Tabell 3 kommer då 20 % av BRT avgångarna försenas jämnt fördelat 0 - 63 sekunder och de övriga 80 % kommer inte att påverkas.

Den andra sträckan är Slussen – Tegelbacken. I riktning norrut är det enligt ovan 10 % risk att BRT-fordonet hamnar bakom linje 3 vid hållplats Mälartorget. Det kan uppskattas att stombusslinjehållplats Riddarhustorget och Tegelbacken följer liknande mönster som Mälartorget, därav blir förseningen enligt Tabell 4.

Tabell 4 Förseningar vid hållplats Tegelbacken

| Hållplats. | Blockerad | Första 34 sekunder | Följande 34 sekunder | Övriga 227 sekunder |
|------------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | 10 % | 10 % | 10 % | 70 % |
| Mälartorget | 0-34 sekunder | 0 | 0 sekunder | 0 sekunder |
| Riddarhus-torget | 34-68 sekunder | 0-34 sekunder | 0 sekunder | 0 sekunder |
| Tegelbacken | 68-102 sekunder | 34-68 sekunder | 0-34 sekunder | 0 sekunder |

Vid avgång till Tegelbacken, där linje 3 och BRT skiljs åt, kommer alltså 30 % av BRT fordonen vara jämnt fördelat försenade mellan 0 och 102 sekunder vilket ger en total genomsnittlig försening på 15 sekunder.



Figur 29 Sträckan Slussen - Vasagatan med stombusslinje 2 och 3.

I motsatt riktning, Tegelbacken – Slussen, är det rimligt att utgå från att hållplats Tegelbacken och Riddarhustorget är lik hållplats Mälartorget i riktning söderut. Antaget vidare att BRT norrifrån anländer oberoende av stombusslinje 3 är det 5 % risk att linje 3 blockerar hållplats

Tegelbacken och blockeringarna varar i genomsnitt 16 sekunder. Förseningen som gestaltas i Tabell 5.

Tabell 5 Försening vid hållplats Mälartorget

| Hållplats. | Blockerad | Första 16 sekunder | Följande 16 sekunder | Övriga 253 sekunder |
|------------------|----------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | 5 % | 5 % | 5 % | 85 % |
| Tegelbacken | 0-16 sekunder | 0 sekunder | 0 sekunder | 0 sekunder |
| Riddarhus-torget | 16-32 sekunder | 0-16 sekunder | 0 sekunder | 0 sekunder |
| Mälartorget | 32-48 sekunder | 16-32 sekunder | 0-16 sekunder | 0 sekunder |

Vid ankomst till Slussen kommer alltså 15 % av BRT fordonen vara jämnt fördelat försenade mellan 0 och 48 sekunder vilket ger en total genomsnittlig försening på 7 sekunder

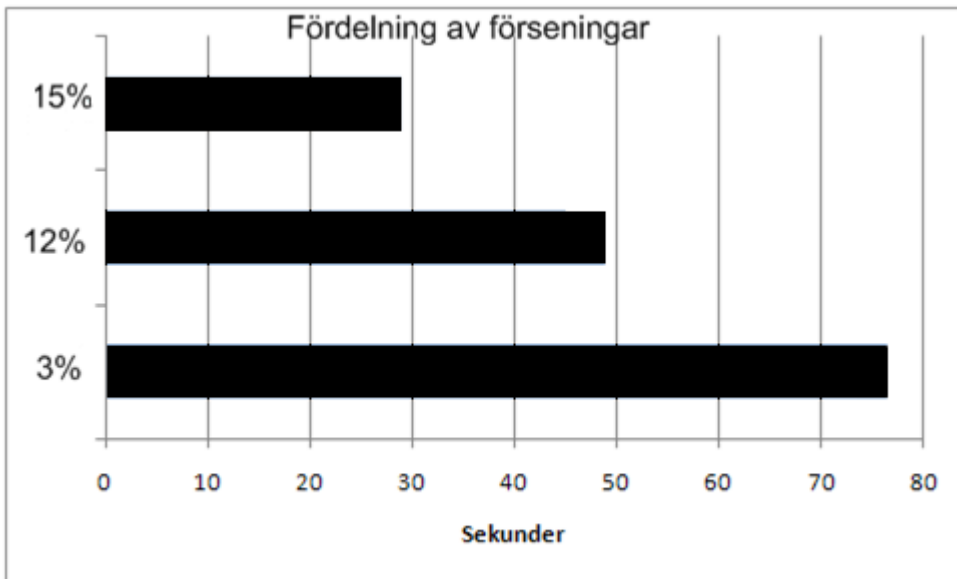
Slussen är en reglerhållplats för stombussarna varför omkörningsmöjlighet för BRT kan antas, däremot saknar BRT reglerhållplatser längs sträckan och förseningarna på denna kommer därmed att fortplanta sig även över Slussen. För att beräkna de totala förseningarna måste de två delsträckorna summeras.

I östgående riktning summeras därmed försening Tegelbacken – Slussen och Slussen – Erstagatan. Det innebär att en försening av 15 % av fordonen jämnt fördelat mellan 0 och 45 sekunder summeras med en försening av 18 % av fordonen på mellan 0 och 29 sekunder.

Tabell 6 Fördelning av förseningar i östgående riktning.

| | | | | |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| | 15 % 0-48 sekunder | | 85 % 0 sekunder | |
| 18 % 0-29 sekunder | 3 % 0-77 sekunder | 12 % 0-48 sekunder | 15 % 0-29 sekunder | 70 % 0 sekunder |

Tabell 6 ovan visar fördelning av förseningar på BRT i östlig riktning. Det framgår att 30 % av BRT-fordonen är försenade med fördelning enligt Figur 30.

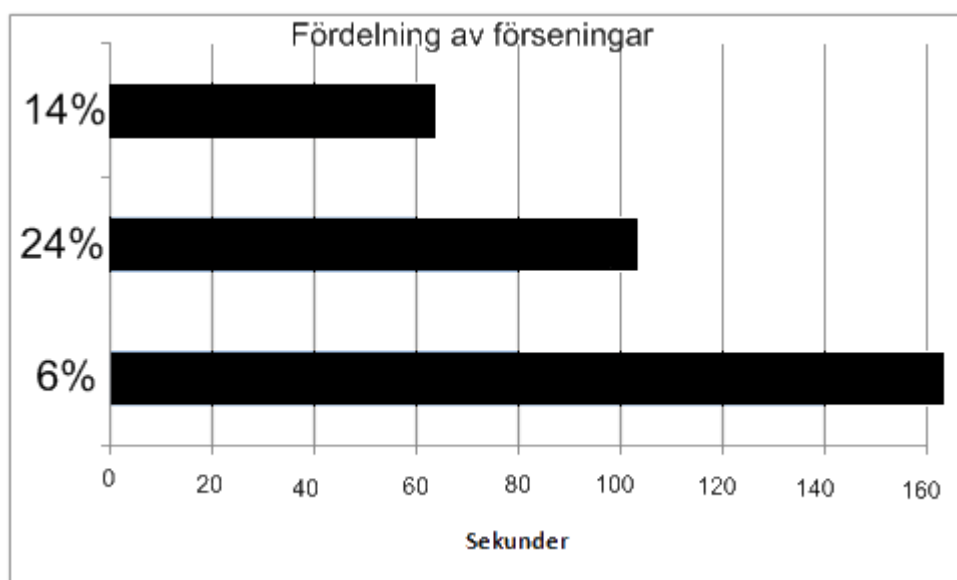


Figur 30 Fordonen i östgående riktning är försenade enligt tre olika fördelningar.

I norrgående riktning måste fördelning från Erstagatan – Slussen enligt Tabell 3 summeras med fördelning på Slussen – Tegelbacken vilken är 30 % av fordonen försenas jämnt fördelat 0-102 sekunder. Resultat av summeringen kan åskådliggöras grafiskt, se Tabell 7 och Figur 31.

Tabell 7 Fördelning av förseningar i norrgående riktning.

| | | | | |
|---------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| | 20 % 0-63 sekunder | | 80 % 0 sekunder | |
| 30 % 0-102 | 6 % 0-165 sekunder | 14 % 0-63 sekunder | 24 % 0-102 sekunder | 56 % 0 sekunder |



Figur 31 Fordonen i norrgående riktning är försenade enligt tre olika fördelningar.

4.4 Gränsvärde för kolonnkörning

Kolonnkörning beror på flera faktorer där bussarnas turintervall och antal passagerare som stiger på vid varje hållplats är av avgörande karaktär. Det medför att vid korta turintervall och stora passagerarantal kan en mycket liten störning av ett BRT starta en kedjereaktion som leder till kolonnkörning.

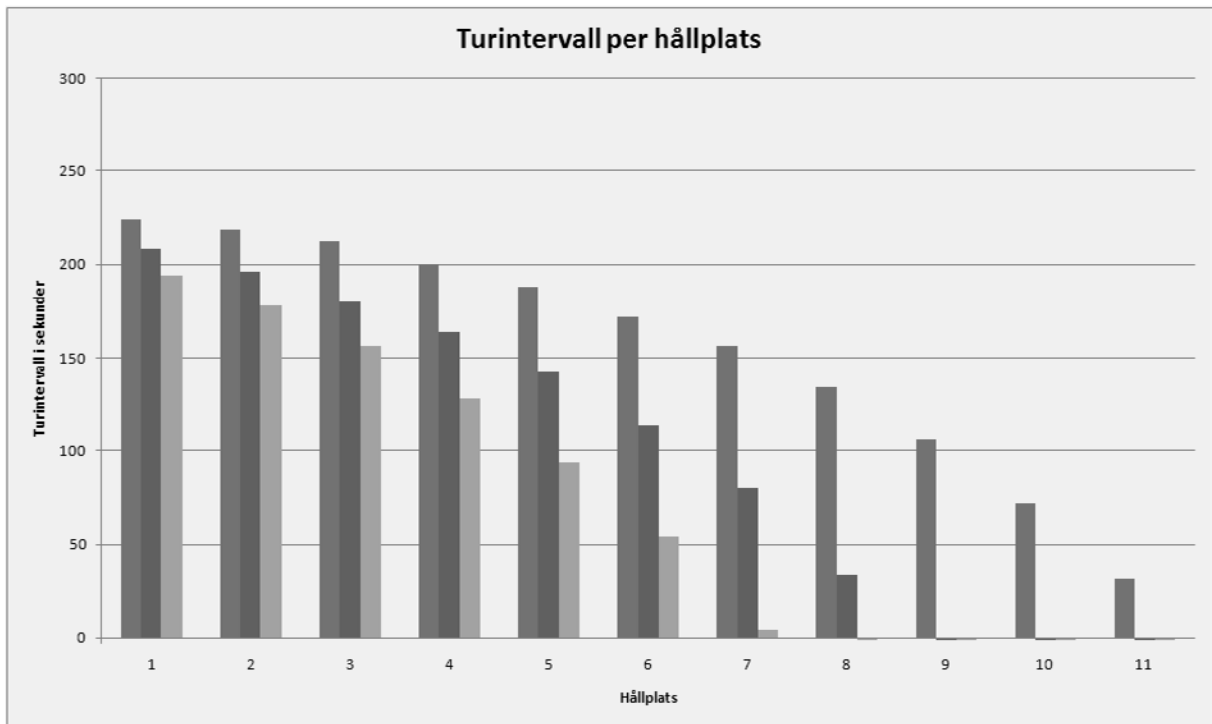
Kolonnkörning beror på huvudsakligen på tre faktorer; turintervall, antal passagerare som anländer till hållplatserna och tid för påstigning. Med dessa faktorer kända kan effekten av en känd störning i trafiken analyseras.

För att uppskatta hållplatstid i förhållande till antal passagerare används resultaten från Trivector rapporten "Effektivare på – och avstigning i stadstrafik" publikation 2004:35 Vägverket. Det är en studie på stadsbusstrafiken i Halmstad där ett försök med att låta passagerare stiga på i de två främre dörrarna istället för endast framdörren. Situationen kan liknas den vid BRT och därmed används dessa data vid beräkningen av risk för kolonnkörning. I "Effektivare på – och avstigning i stadstrafik" beräknas dörrtid istället för hållplats tid. Skillnaden är att hållplatstid, i förhållande till dörrtid, är mer beroende av tidsreglering, trängsel med övrig trafik på gatan och andra externa omständigheter. (Wendle & ter Schure 2004) Eftersom BRT kan antas ha en så pass god framkolighetssituation att den är oberoende av trängsel och övrig trafik på gatan samt att reglerhållplatser inte innefattas i studien gör att dörrtid och hållplatstid kan antas vara identiska.

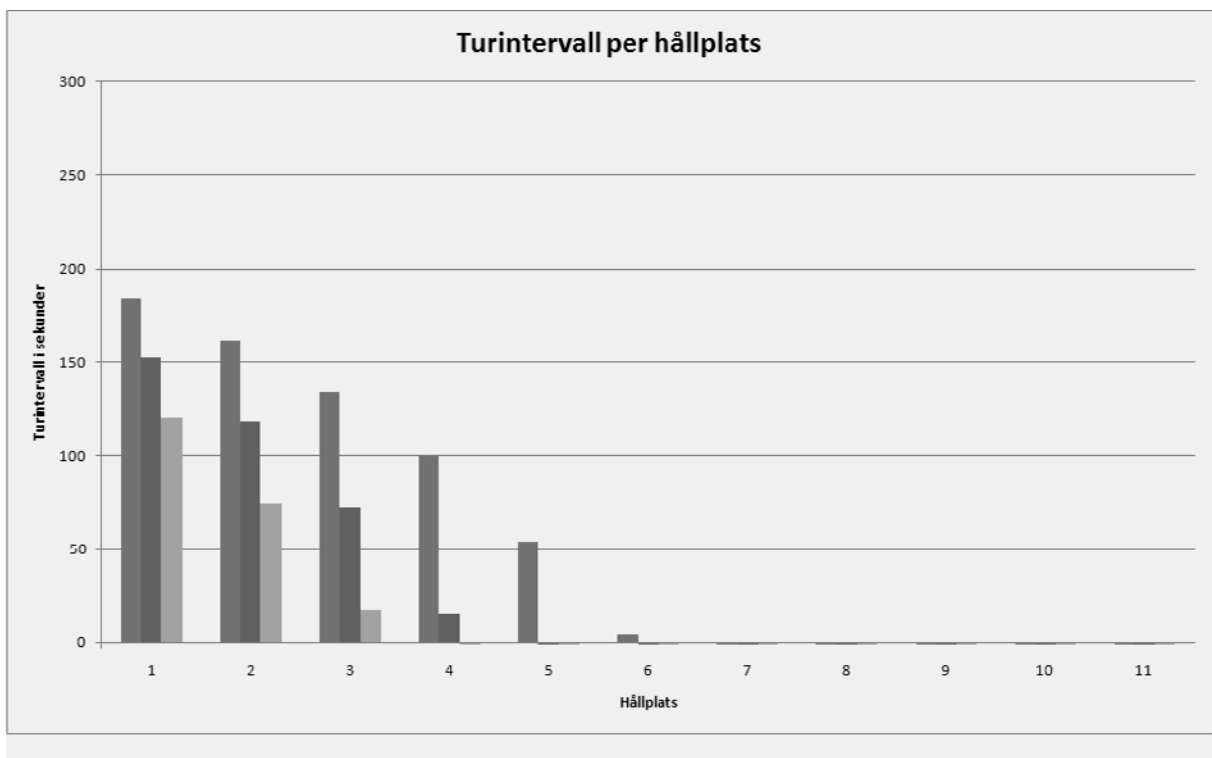
Därmed används uttrycket för BRTs hållplatstid för kolonnkörningsberäkning: $y=2,8245X+24,255$ där y är tiden i sekunder och x antal passagerare. (Wendle & ter Schure 2004, kapitel 6.3)

När ett BRT-fordon råkar ut för ett oväntat stopp längs linjedragningen, i aktuellt fall en stombuss vid hållplats som blockerar körbanan, resulterar det i att när BRT-fordonet når nästa hållplats har där samlats fler väntande passagerare. Den extra tid som det tar för dessa passagerare att stiga ombord på bussen ger upphov till ytterligare försening av den redan försenade BRT-turen. Samtidigt kommer nästkommande BRT-fordon att mötas av färre passagerare än genomsnittet, eftersom intervallet till fordonet framför har förkortats, och därmed hålla en högre genomsnitts hastighet än planerat. Denna procedur upprepas vid varje hållplats tills det att det bakomliggande fordonet har nått upp det första och kolonnkörning uppstår.

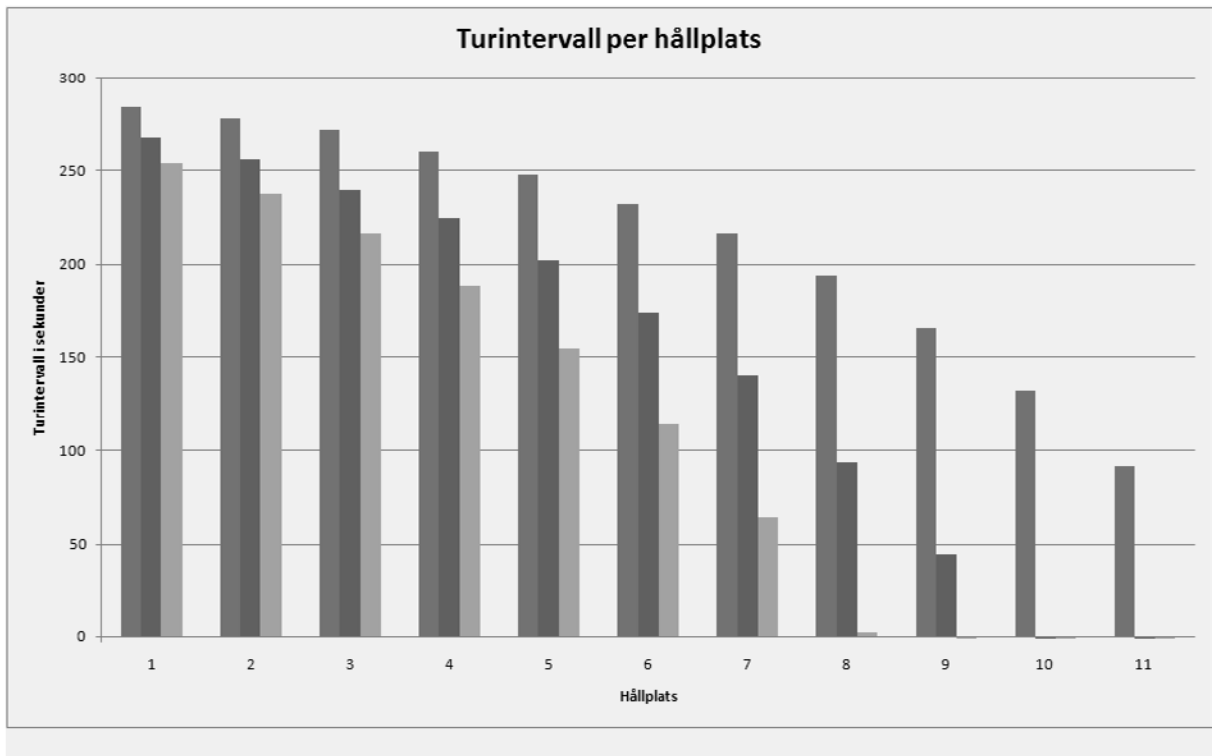
Processen simuleras i en situation där två bussar avgår med ett bestämt intervall och den främre utsätts för en försening. Figur 32 -Figur 35 visar intervallet mellan de båda fordonen i sekunder för varje hållplats efter det att försening uppstod. När intervallet når noll uppstår kolonnkörning. Som indata används fem ankommande passagerare till hållplatsen per minut enligt de förväntad belastning på BRT, samt turintervallet 4 minuter i Figur 32 och Figur 33 respektive 5 minuter i Figur 34 och Figur 35. Den initiala förseningen är 10, 20 respektive 30 sekunder i Figur 32 och Figur 34 samt 40, 60 respektive 80 sekunder i Figur 33 och Figur 35.



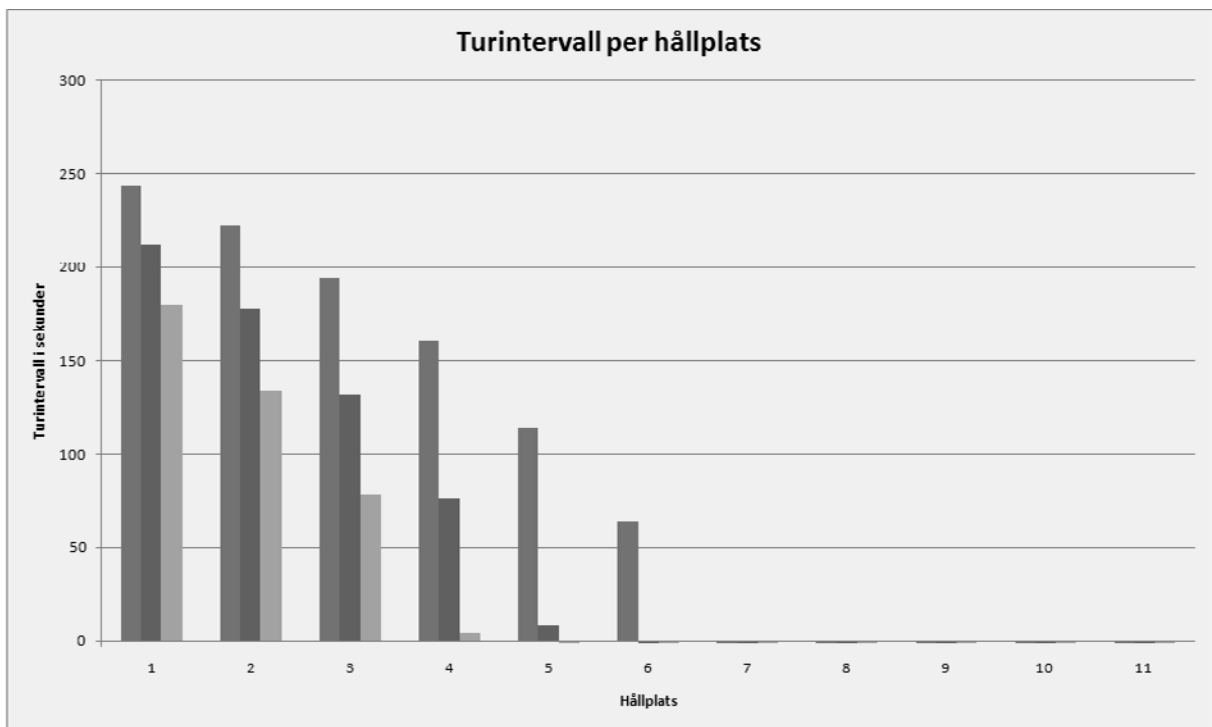
Figur 32 Variationen av turintervall mellan två efter varandra följande fordon vid initialt turintervall 4 minuter, 5 ankommande passagerare per minut samt försening på 10, 20 respektive 30 sekunder.



Figur 33 Variationen av turintervall mellan två efter varandra följande fordon vid initialt turintervall 4 minuter, 5 ankommande passagerare per minut samt försening på 40, 60 respektive 80 sekunder.



Figur 34 Variationen av turintervall mellan två efter varandra följande fordon vid initialt turintervall 5 minuter, 5 ankommande passagerare per minut samt försening på 10, 20 respektive 30 sekunder.



Figur 35 Variationen av turintervall mellan två efter varandra följande fordon vid initialt turintervall 5 minuter, 5 ankommande passagerare per minut samt försening på 40, 60 respektive 80 sekunder.

Den studerade BRT-linjedragningen genom Stockholm beräknas få ungefär 14 stationer norr om Slussen samt ungefär 7 stationer öster om Slussen. Det gör systemet betydligt känsligare för kolonnkörning för förseningar som uppstår i innerstaden i riktning norrut än de som uppstår i östgående riktning.

För att överblicka problematiken sammanfattas ovanstående data i två tabeller som visar på huruvida problem uppstår i respektive riktning för turintervallerna 4 och 5 minuter, se Tabell 8.

Tabell 8 Risk för kolonnkörning på BRT-linjen för 4 respektive 5 minuters turintervall och initial försening på 10 – 80 sekunder. Röd = risk för kolonnkörning, gul = möjlig risk för kolonnkörning, grön = ingen risk för kolonnkörning.

| Initial försening i sekunder | Norrgående | Östgående |
|------------------------------|------------|-----------|
| 10 | Möjligt | Nej |
| 20 | Ja | Nej |
| 30 | Ja | Nej |
| 40 | Ja | Möjligt |
| 60 | Ja | Ja |
| 80 | Ja | Ja |

| Initial försening i sekunder | Norrgående | Östgående |
|------------------------------|------------|-----------|
| 10 | Nej | Nej |
| 20 | Möjligt | Nej |
| 30 | Ja | Nej |
| 40 | Ja | Nej |
| 60 | Ja | Möjligt |
| 80 | Ja | Ja |

Tabellerna visar på tydliga skillnader i systemets känslighet beroende dels på vilket turintervall som används men framförallt på hur många stationer som finns efter försening har uppkommit. En försening på 10 sekunder skapar inga tydliga problem i något av fallen. Däremot är en försening på endast 20 sekunder en klar riskfaktor för systemet i norrgående riktning med turintervallet 4 minuter då kolonnkörning kan uppstå efter 9 stationer, enligt nuvarande förslag nägonstans i närheten av Danderyd.

För östgående riktning uppstår problem i och med att försening är 40 sekunder, och då gäller risken för kolonnkörning endast den näst sista hållplatsen på sträckan räknat på 4 minuters turintervall. Först vid 60 sekunder är problemet tydligt och måste åtgärdas.

4.5 Slutsats framkomlighet

För att kunna möjliggöra en hög standard för BRT antas turintervallet på 4 minuter eftersträvas, vilket medför större känslighet för systemet i frågan om kolonnkörning men samtidigt är en kolonnkörning i slutet på linjedragning ett aningen mindre problem i fallet med kortare ursprungliga turintervall.

På sträckan Tegelbacken – Erstagatan, alltså östgående genom innerstaden, risker BRT bli försenad enligt Tabell 6 vilket står i perspektiv till att öster om Slussen studeras sju stycken eventuella stationslägen för BRT. Enligt Figur 32 gör 30 sekunders försening att kolonnkörning uppstår vid den sjunde, och i det aktuella fallet sista, stationen. En kolonnkörning vid den sista hållplatsen är inte önskvärt, men kan dock accepteras då den sista stationen även fungerar som regelhållplats. En försening på 40 sekunder orsakar enligt Figur

33 risk för kolonnkörning vid hållplats sex och 60 sekunders försening skapar ett mycket kort intervall redan vid hållplats fyra.

Dock visar Tabell 6 samt Figur 30 att det endast är cirka 3 % av BRT-fordonen i östlig färdriktning som kommer att försenas utav stombussarna mer än 40 sekunder. Det gör att endast dess 3 % av BRT-avgångarna kommer att riskera kolonnkörning vid den sjätte och näst sista hållplatsen. Därmed blir omkörningsmöjligheten för BRT, annat än på stombussarnas reglerhållplats Slussen, inte nödvändigt.

I motstående riktning, Erstagatan – Tegelbacken, uppstår dock ett annat läge. Det beror på två faktorer som tillsammans gör BRT i norrgående riktning mer trolig att råka ut för kolonnkörning: Intervallen som hållplatserna blockeras i norrgående riktning är fler och längre än de i motsatt riktning samt att BRT-linjedragningen antas få betydligt fler stationer norr om innerstaden än öster om. I dagsläget studeras 14 stationslägen norr om innerstaden vilket innebär att en försening på enbart 20 sekunder orsakar risk för kolonnkörning långt innan linjens slut.

Enligt Tabell 7 samt Figur 31 kommer hela 34 % av BRT-fordonen att bli mer än 20 sekunder försenade då på sträckan Erstagatan – Tegelbacken. Enligt Figur 32 skapar det risk för kolonnkörning efter nio stationer, vilket i kontrast till de studerade 14 stationslägena inte är accepterbart. Därmed skapas ett behov av omkörningsmöjlighet, utöver Slussen, på BRT i norrgående riktning någonstans mellan Erstagatan och Tegelbacken. Som konstateras under rubriken ”Slutsats hållplatsstudier” skapas det mer försening på sträckan Slussen – Tegelbacken än på sträckan Erstagatan – Slussen. Därför bör omkörningsmöjligheten lokalisera till någon av de tre stombusshållplatserna Mälartorget, Riddarhustorget eller Tegelbacken.

I norrgående riktning skapas som konstaterats ovan problem med allt för stora förseningar på BRT på grund av stombusshållplatserna. Sträckan Slussen – Tegelbacken innehåller tre efter varandra följande stombusshållplatser som tillsammans ger upphov på en försening av 30 % av BRT-fordonen på mellan 0 och 102 sekunder. För att åtgärda detta kan omkörningsmöjlighet införas på någon av dessa tre hållplatser vilket skulle förändra situation och göra den delsträckan istället gav upphov till förseningar på 20 % av BRT-fordonen med 0 till 68 sekunder. Totalt sätt skulle detta ändra situationen från att 34 % av fordonen är mer än 20 sekunder försenade, vilket är ett känsligt gränsvärde på linjen, till att 25 % av fordonen försenad mer än 20 sekunder, se Tabell 9.

Tabell 9 Beräkning av total försening i norrgående riktning förutsatt en omkörningsmöjlighet på Mälartorget, Riddarhustorget eller Tegelbacken.

| | 20 % 0-63 sekunder | | 80 % 0 sekunder | |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 20 % 0-68 | 4 % 0-131 sekunder | 16 % 0-63 sekunder | 16 % 0-68 sekunder | 64 % 0 sekunder |

Skillnaden mellan två och tre stombusshållplatser i följd har en stor inverkan på den totala förseningen av BRT-linjen i norrgående riktning. Eftersom det undersöks för ett stort antal

stationslägen för BRT norr om innerstaden är linjen känslig för kolonnkörning och den extra omkörningsmöjligheten gör betydande skillnad.

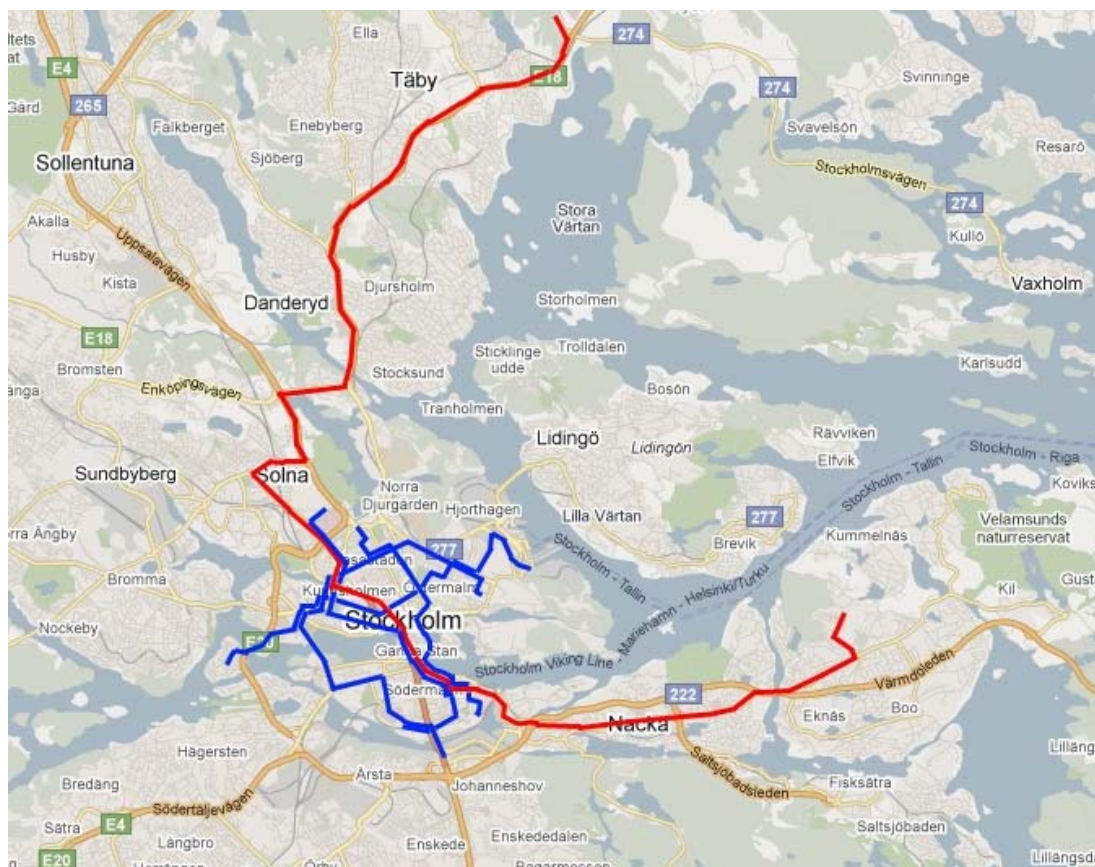
Behovet av extra omkörningsmöjlighet uppstår i en situation där endast stombussarna tillåts använda BRT-infrastrukturen. Därav anses det konstaterat att situationen skulle förvärras ytterligare om även andra busslinjer använde samma körfält.

Vidare kan det konstateras att problemet med förseningar på BRT som använder samma körbana som andra bussar med tätare hållplatsintervall kan generaliseras till ett enkelt samband. Med känt turintervall samt genomsnittlig hållplatstid för de bussar som delar körbana med BRT kan förseningen på BRT beräknas hållplats för hållplats. Om fler på varandra följande hållplatser har samma egenskaper växer försening av BRT linjärt. Vid till exempel ett turintervall på 4 minuter och hållplatstid 30 sekunder kommer 12,5 % av BRT-bussarna försenas vid den första hållplatsen jämnt fördelat mellan 0 sekunder och hela hållplatstiden. Vid nästa hållplats försenas dessa 12,5 % konsekvent med hela hållplatstiden plus ytterligare 12,5 % med 0-30 sekunder. Denna utveckling av större och större andel försenade avgångar och längre förseningar fortsätter tills det att BRT-fordonen får en möjlighet att köra om den främre bussen och på så sätt bryta trenden med förseningar.

4.6 Identitetsförlust

Konflikten mellan BRT och innerstadsstombusslinjerna är inte enbart en utrymme – och framkomlighetskonflikt utan även en identitetskonflikt. För att inte någon av dess ska tappa i tydlighet är det viktigt att de upplevs som skilda system, trots att vissa delsträckor kommer att vara parallella.

BRT är en ensam och långdragen linje som sträcker sig långt utanför innerstadens fyra stombusslinjer och därmed är deras linjekartor tydligt väsensskilda och skapar litet utrymme för hopblandning, se Figur 36.



Figur 36 I rött den aktuella BRT-linjen i sträckning Orminge - Arninge och i blått befintliga innerstadsstombusslinjer.

Dock finns det delsträckor, till exempel det studerade Erstagatan – Tegelbacken där de båda systemen använder samma körbanor och kan därför inkräkta på varandras tydlighet. På dessa delsträckor kan Stockholms BRT komma att likna ett öppet BRT där stombussarna på flera ställen kör in och ut ur BRT-körfältet. För resenären underminerar det BRT:s unika struktur av annars helt exklusiv körbanor vilken ska fungera som en garanti för hög kvalitet på BRT-linjen. På sträckan Tjärhovsplan – Slussen där BRT:s körfält är delat med både linje 2 och linje 3 förstärks intrycket av ett öppet system och BRT kan där associeras med existerande busstrafik, något som BRT av erfarenhet har visat förlorar i attraktivitet på.

Vidare är det tydligaste hotet mot BRTs identitet som ett fristående och effektivt system situationen i norrgående riktning genom innerstaden där, enligt Tabell 7, hela 30 % av BRT-avgångarna riskerar att hamna bakom en stombuss vid hållplats Tegelbacken. För en dagligresenär på BRT-linjen skulle det vid tre av veckans tio resor uppstå en situation där BRT-fordonet hamnar direkt bakom en stombuss och tvingas vänta vid dennes hållplatsstopp. En sådan situation kan sänka attraktiviteten avsevärt, inte bara för den aktuella delsträckan utan även för hela konceptet.

Även den kolonnkörning som kan uppstå på BRT-linjen med följd av blockeringar av stombussarna på deras parallella sträckor innebär ett problem för linjens image. Två BRT-fordon direkt efter varandra ger en stark koppling till ett osäkert kollektivtrafiksystem där

förseningar är att vänta. Kolonnkörning är därmed både ett problem för BRT-linjens pålitlighet, men även för hela dess identitet som ett oberoende och effektivt alternativ.

På Slussen kommer BRT att ha en av sina innerstadsstationer, i direkt anslutning till bland annat stombusslinje 2 och 3. Det ställer stora krav på att BRT:s stationer och stombussarnas hållplatser är tydligt särskilda ifrån varandra. Detta dels för att undvika rena utrymmes konflikter vid hållplatsen, men också för att undvika att BRT-stationen blir alltför sammankopplad med de andra busshållplatserna på Slussen och därmed förlorar i sin identitet som ett eget transportmedel skilt från befintligt trafik. Norr om Slussen går BRT och linje 3 parallellt varför det kan antas att deras hållplatser kan komma att placeras väldigt tätt in på varandra på Slussen. Det medför en risk för att BRT-station uppfattas som en del av stombussnätet och stället därför höga krav på BRT:s egen identitet.

Den tydligaste och kanske mest självklara identitetsskillnaden mellan BRT och stombussarna är att den förstnämnda är främst en regional kommunikation medans den sistnämnda helt och hållet står för lokala transporter. Det i sig gör att deras användningsområde är så pass särskilt att identitetskonflikter enkelt borde kunna undvikas.

5. Diskussion

Den empiriska studien i den här rapporten har vissa tydliga brister som måste behandlas innan en slutsats kan dras. De innefattar dels studiens avgränsning på innerstaden vilken därmed inte har kan ta hänsyn till de eventuella framkomlighetsproblem som skapas i ytterstaden och fortplantar sig till innerstaden.

Vidare finns det ett antal viktiga frågetecken att rätta ut kring hållplatsstudierna. För att utföra hållplatsstudierna under den tid på dygnet med mest trafik valdes i samtliga fall morgonrusning, vilken är mer kompakt än eftermiddagsrusningen. Dock finns det, även genom innerstaden, en obalans över dygnet vilket medför att morgon och eftermiddag har olika resströmmar. Det kan ha påverkat hållplatsstudierna så att de visar på mindre framkolighetsproblem i de riktningar som har färre resande under morgonen.

Även det faktum att samtliga stombusshållplatser som den studerade BRT-linjen passerar inte innefattas i studien försämrar givetvis kvalitén på resultatet. Dock anses de antaganden som har gjorts om de hållplatser som ej har studerats vara tillräckligt befogade för att studien ska ha vidhållen trovärdighet.

Avsnittet som behandlar gränsvärdet för kolonnkörning är baserat på teoretiskt beräknat uppträdande av fordonen. Teorin baseras på studier om dörrtider men går sedan vidare och drar slutsatser långt utanför de faktiskt studerade förhållandena. På grund av att teorin inte har kunnat testas finns det inga belägg för att den faktiskt gäller, dock är matematiken relativt simpel och inget tyder på att det inte skulle samspela med verkligheten.

I den här studien ges inget utrymme till studera huruvida det är realistiskt att anta att innerstadsbussarna och stombussarna/BRT förses med separata körfält. Något som givetvis är mycket utrymmeskrävande.

6. Slutsats och fortsatt arbete

Slutligen kan det konstateras att, som svar på den inledande frågeställningen angående hur BRT påverkas av andra bussar på samma körfält, finns det inte ett men flera svar. På grund av den studerade BRT-linjens asymmetri med avseende på sträckan med stombussarna kan ingen enhetligt rekommendation utfärdas, däremot specifika för vardera sträcka. Frågeställningen angående huruvida det är möjligt att låta stombussarna utnyttja BRT-körfältet har inget entydigt svar utan är en följd av hur dessa körfält utformas, framförallt med avseende på omkörningsmöjligheter. Generellt gäller att ju fler stombusshållplatser i följd som finns längs med BRT-linjen desto större blir förseningarna som i sin tur ger upphov till kolonnkörning. Av detta resonemang kan det konstateras att:

- Om de BRT-körfält som löper parallellt med linje 3 och 2 får användas av även av dessa minskar framkomligheten för BRT. För att inte riskera kolonnkörning, med mycket stor attraktivitetsförlust för BRT, måste det finnas omkörningsmöjligheter vid vissa av stombusshållplatserna.
- Alla stombusshållplatser har olika egenskaper varav en generell rekommendation för max antal hållplatser utan omkörningsmöjlighet för BRT inte kan definieras. Dock visar beräkningarna grundade på linje 3:s hållplatser norr om Slussen på att om det finns ett stort antal, fler än 10, stationer kvar på BRT-linjen är det olämpligt med fler än två stombusshållplatser i följd utan omkörningsmöjlighet. Finns det ett mindre än 10 stationer kvar på BRT-linjen kan max tre stombusshållplatser i följd utan omkörningsmöjlighet accepteras.
- I östlig riktning är BRT mindre känslig för kolonnkörning och har även bättre framkomlighet.
- I nordlig riktning däremot är BRT mer känslig för kolonnkörning och har lägre framkomlighet.
- BRT-körfält skulle innebära en betydlig ökning av framkomlighet för stombusslinjerna på de sträckor som kan användas av båda trafikslagen.
- Viktigt att BRT utformas med en egen identitet gentemot stombusslinjerna för att ingen av dessa ska tappa i tydligen på de parallella sträckorna. Detta är dock relativt enkelt då den förstnämnda är regionaltrafik och den sistnämnda lokaltrafiken.

Att införa ett BRT-system för regionaltransport ovanpå ett högprofilerat bussystem för lokala transporter har inte av vad som kunnat konstateras genomförts förut. Det innebär risker gällande framkomlighet och identitet, för både BRT och stombussarna, vilka bör studeras vidare. Studien om var kolonnkörning uppstår bygger på att BRT-körfältet, i bortsatt från sträckorna parallellt med stombussarna, är fritt från störningar av den typ som ger upphov till kolonnkörning. Huruvida detta stämmer överens med verkligheten eller inte bör studeras vidare för att uppnå högre relevans för resultatet.

7. Referenser

Skriftliga

AB Storstockholms Lokaltrafik (2006) RIPLAN, Riktlinjer för planering av kollektivtrafiken i Stockholms län. Stockholm.

AB Storstockholms Lokaltrafik (2007) Utveckling av stomtrafiken i Stockholms innerstad. PLAN-rapport 2007:8

AB Storstockholms Lokaltrafik (2008) RIBUSS-08. Stockholm.

AB Storstockholms Lokaltrafik (2009) RISTation-09. Stockholm.

Ahmedabad Bus Rapid Transit System (2009) The Institute for Transportation and Development Policy, New York.

Andersson PG., Gibrand M., Kottenhoff K (2009) Bus Rapid Transit i Sverige. Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm.

Bittermana A., Baldwin Hessb D. (2007) Bus rapid transit identity meets universal design. Disability & Society. New York.

Blomquist, A. (2010) Fakta om SL och länet 2009. AB Storstockholms Lokaltrafik Trafik, Stockholm.

Bäckwall K.E. (2009) Idéstudie BRT Stockholms . AB Storstockholms Lokaltrafik.

Casemyr, M. Blomquist, A SL. (2009)Trafikplan 2020 Externremiss. Stockholm.

Carey G.(2008) Catchy Bus Line. Roads & Bridges, Arlington Heights, Illinois.

Friberg L.(2000) Innovative Solutions for Public Transport; Curitiba, Brazil. Uppsala Universitet, Uppsala.

Gilbert A.(2007) Bus Rapid Transit: Is Transmilenio a Miracle Cure? Department of Geography, University College London, London.

Guizzo E. (2007) How to keep 18 million people moving. IEEE Spectrum.

Hensher D. A., Golob T. F. (2008) Bus rapid transit systems: a comparative assessment. Springer Science+Business Media.

Holmberg B., Jansson H (2003) Kollektivtrafik med människan i centrum. SOU 2003:67. Stockholm.

Hook W. (2005) Institutional and regulatory options for Bus Rapid Transit in developing countries. The Institute for Transportation and Development Policy, New York.

Ingmarson M (2010) Körtider för busstrafik. Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Johansson T.(2004) Konkurrenssegenskaper hos kollektivtrafiksystem baserade på spårvagnar respektive bussar. Väg och Transportforskningsinstitutet, Linköping.

Leroy W. Demery, Jr. (2004) Bus Rapid Transit in Curitiba, Brazil - An Information Summary. Publictransit.us, Vallejo, California.

Lundbäck E. (2010) Boundary Breaking Buses. Kungliga Tekniska högskolan, Stockholm.

Malmsten B (2002) Trafiken – nyckelroll i regionplaneringen. Nilsson Ä. (red.) Stockholmsregionen 50 år av regionplanering 1952-2002. Stockholm.

Munoz-Raskin R. (2009) Walking accessibility to bus rapid transit: Does it affect property values? The case of Bogotá , Colombia. Columbia University, New York.

Caisse des Dépôts (2007) Nantes BusWay, Nantes.

Teknisk Tidsskrift 1993. Tunnelbanan Slussen – Skanstull under Södermalm i Stockholm.

Transit Cooperation Research Program (2002) TCRP 90, Bus Rapid Transit Transportation Research Board Washington, D.C.

Wright L., Hook W. (red.) (2007) Bus Rapid Transit Planning Guide. Institute for Transportation & Development Policy, New York.

Wendle, B, ter Schure J (2004) Effektivare på- och avstigning i stadsbusstrafik. Vägverket. Borlänge.

Muntliga

Nigriello A. Doktor i stadsplanering vid Universidade de São Paulo (2010) Muntlig föreläsning 2010-03-26

Strambi O. doktor i trafikplanering vid Universidade de São Paulo (2010) samtal 2010-10-02

Strambi O. doktor i trafikplanering vid Universidade de São Paulo (2010) muntlig föreläsning 2010-04-15

Strojvanski T. doktorand i trafikplanering på KTH (2010) samtal om kollektivtrafik 2010-09-27

Internet

SL (2010) Spårväg City, Fakta. <http://sl.se/sv/Om-SL/SL-planerar-och-bygger/Sparvag-City>. Nedladdad 2010-09-10

Antonio Lindau L. m.f.l. (2009) Developing Bus Rapid Transit system in Brazil through public private partnership. <http://www.thredbo-conference-series.org/papers> Nerladdad 2010-08-25.

Curitibas kommun (2010) www.curitiba.pr.gov.br

Guangzhou BRT (2010) www.gzbrt.org Nedladdad 2010-09-18

Lerner, J. (2007) Jaime Lerner sings of the city. Föreläsning från www.ted.com

Portal São Paulo Transporte (2010) São Paulos delstats transportforum.
<http://sptransporte.net/> Nedladdad 2010-09-20

The Economic Time 2010-01-21. In 3 months, Ahmedabad BRT a winner.
<http://economictimes.indiatimes.com/articleshow/5484011.cms>