

FLYTANDE BUSSKÖRFÄLT

En litteraturstudie av Göran Smith, Viktoria Swedish ICT
2014-07-15

Introduktion

Snabbhet och tillförlitlighet har identifierats som två nyckelfaktorer för att öka kollektivtrafikens konkurrenskraft (Ipsos, 2013, Johansson et al., 2010). För bussar i linjetrafik är dock både snabbhet och tillförlitlighet underordnat framkomligheten längs linjesträckningen. Bussarna kan aldrig prestera bättre än vad trafiksituationen tillåter. I syfte att komma runt problemet har olika varianter av dedikerade bussgator och busskörfält börjat bli allt vanligare. Införandet har visat sig vara en effektiv metod för att garantera fri väg för bussen och därmed få upp hastigheten (Andersson & Gibrand, 2008). Den stora nackdelen är att vägens totala kapacitet sjunker drastiskt. Metoden kan därför bara användas om trafikflödet för övrig trafik är lägre än vägens reducerade kapacitet; om det är möjligt att omdirigera övrig trafik; eller om det är möjligt att bygga ut vägen med ytterligare körfält. Ofta är inget av alternativen samhällsekonomiskt lönsamt. Ett potentiellt komplement till dedikerade bussgator och busskörfält är därför flytande busskörfält. Flytande busskörfält är körfält som endast är reserverade för bussar när bussarna behöver det och annars öppna för alla fordon att använda. Därmed kan de i många fall säkerställa bussarnas framkomlighet utan vare sig signifikant påverkan på vägens totala kapacitet eller behov av infrastruktursutbyggnad. Konceptet föreslogs första gången 1996 av Viegas och Lu (1996). Sedan dess har det utförts analytiska utvärderingar, simuleringsstudier och ett fälttest. En variant av konceptet finns även permanent applicerat för spårvagnar i Melbourne sedan 2001. Resultaten har genomgående visat på förbättrad restid och minskad restidsvariation, oftast utan betydande påverkan på övrig trafik.

Bakomliggande princip

Huvudmålet med flytande busskörfält är att med existerande infrastruktur skapa samma fördelar för linjetrafiken som dedikerade busskörfält men med mindre påverkan på övrig trafik. Med andra ord är målet att restiden för bussarna ska förbättras utan att restiden för övrig trafik försämras nämnvärt. Metoden för att åstadkomma det är att endast viga busskörfältet till bussarna när de behöver det.

”When a bus is approaching such a section, the status of the lane is changed to BUS lane, and after the bus moves out of the section, it becomes a normal lane again”.

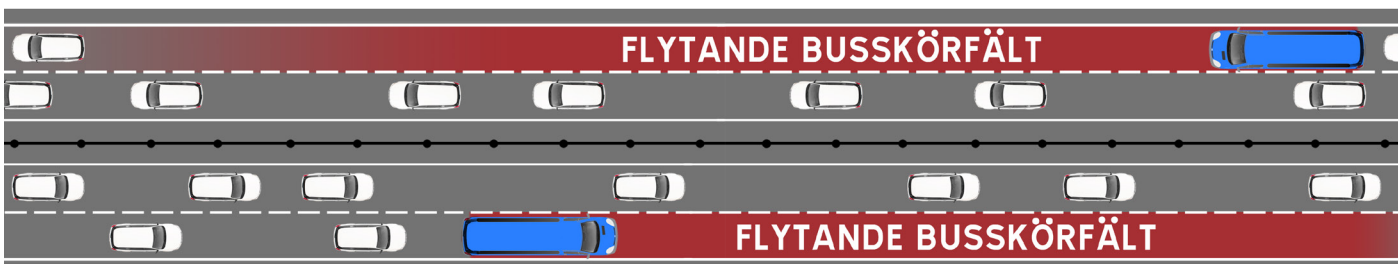
- Viegas & Lu, 1999

Därmed kan bussarnas oberoende från övrig trafik garanteras samtidigt som den övriga trafiken kan använda alla vägens fält när ingen buss befinner sig i närheten. Det leder till att vägens kapacitetsreduktion både blir mycket mindre (jämfört med dedikerade busskörfält) och att den är direkt relaterad till antalet bussar. Tex. blir den ideala reducerade maxkapaciteten 94% av den ursprungliga istället för 50% för en tvåfilig 50-väg om avståndet mellan bussarna är 5 minuter och bussarna garanteras fri väg 500m framför sig¹.

Enligt Eichler (2005) kan restid för bussar i linjetrafik i grova drag uppskattas genom att lägga ihop följande faktorer;

- » Linjesträckning dividerat med ideal hastighet
- » Tid vid trafiksignaler (tid pga. rött ljus + tid pga. kö)
- » Tid vid hållplats (tid för acceleration och inbromsning + tid för påstigning och avstigning + tid för att ta sig ut i trafiken)

Om flytande busskörfält fungerar som de ska avlägsnar de all övrig trafik från bussens färdväg. Bussarnas fördröjningar som uppstår pga. köbildning samt tiden för att ta sig ut i trafiken efter hållplatsstopp elimineras därför. Därmed sjunker bussarnas genomsnittliga restid och eftersom den största yttre faktorn utesluts ur ekvationen kommer även restidsvariationen minska (dvs. tillförlitligheten ökar). Hur stor reduktion det innebär varierar från fall till fall och beror av bla. linjesträckningens utformning och den nuvarande trafiksituationen (Eichler & Daganzo, 2006). Mer om det i senare stycken. Flytande busskörfält kan vidare dessutom med fördel kombineras med signalprioritering (TSP efter Transit Signal Priority) (Viegas & Lu, 2004, Spinak et al., 2008). I så fall minskas restid och variation ytterligare eftersom även fördröjningar till följd av rödljus minimeras.



Figur 1 - Principskiss för flytande busskörfält

¹ Förenklad uträkning baserad på att bussarna färdas i 50km/h. Dvs. inga hållplatsstopp eller andra stopp inräknade.

Sammanfattningsvis är huvudnyttan med att införa flytande busskörfält följande;

- » Höjer bussarnas attraktivitet och upplevda kvalitet genom att öka effektiviteten och säkerställa tillförlitligheten
- » Sänker operatörernas kostnader genom att möjliggöra att samma jobb kan utföras med färre bussar (kortare restid) och minskar dessutom behovet av reservbussar (högre tillförlitlighet)
- » Minskar utsläpp från bussarna och sänker bullret i staden genom att korta restid och minska antalet accelerationer och inbromsningar.

Varianter av flytande busskörfält

Föreslagna varianter av flytande busskörfält kan delas in i två kategorier; Intermittent Bus Lanes (IBL) och Bus Lanes with Intermittent Priority (BLIP). Den huvudsakliga skillnaden är att bilar som redan är i körfältet när det omvandlas till ett busskörfält får stanna kvar i IBL medan de måste byta körfält i BLIP. Eichler och Daganzo (2005) som introducerade BLIP motiverade förändringen med att systemet därmed blir mindre beroende av signalprioritering för att undvika att det bildas köer framför bussarna. Den variant av flytande busskörfält som används för spårvagnar i Melbourne benämns Dynamic Fairway (DF) och det system som föreslagits i Bologna kallades Flexible Bus Lane (FBL). Vidare nämns även Dynamic Bus Lanes (DBL) i litteraturen vilket mer eller mindre bara är en annan beteckning på IBL.

Systemarkitektur

I grundutförande har flytande busskörfält tre huvudkomponenter; en komponent för att beräkna trafiksituation och var bussen befinner sig, en styrkomponent samt en komponent för att kommunicera körbanans status till övriga trafikanter (Eichler, 2005). I det system som testades i Lissabon användes primärt slingdetektorer för att upptäcka var bussarna befann sig och för att mäta trafiksituation. Informationen skickades sedan till styrsystemet som avgjorde vilka delar av körfältet som skulle reserveras för bussar. För att kommunicera körbanans status till övriga trafikanter aktiverade styrsystemet därefter dynamiska vägskyltar² och blinkande led-lampor placerade längs vägbanan (Dynamic Road Markings eller In-pavement Lights) (Viegas, 2007). Utöver det användes även statiska skyltar för att förvarna trafikanterna. Erfarenheterna från Lissabon var mycket goda och de ansvariga har skickats in ansökningar för att patentera tekniken (Girao et al., 2006).

Andra flytande busskörfältssystem som föreslagit har haft liknande struktur även om AVL-system (Automatic Vehic-

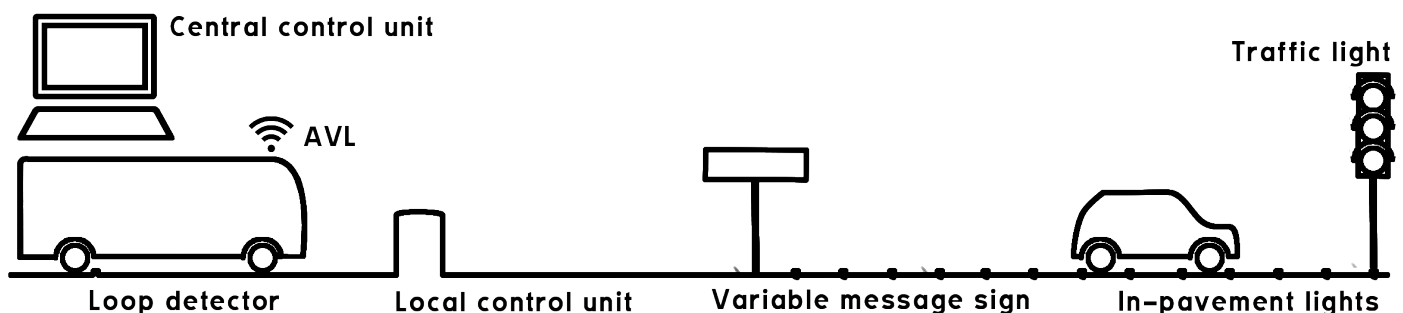
le Location som oftast baseras på GPS-koordinater) i flera fall används för att mäta bussens position. Många av förslagen integrerar dessutom det flytande busskörfältet med signalprioritering vilket gör att trafikljusen tillkommer till systemarkitekturen. Systemet behöver dessutom då eventuellt koordineras med mer övergripande trafikledningssystem (Hounsell & Shretsha, 2005). Vidare föreslår Viegas och Lu (2004) att flytande busskörfält och signalprioritering ska koordineras över hela bussens linjesträckning och inte enbart för enskilda korsningar.

"In conclusion, joint consideration of IBL signals and traffic light signals at intersections leads to lower time losses in bus operation, but these gains can be significantly improved if there is an integrated control of several intersections along the bus line, with bigger advantages obtained for bus movements, with less similar delays imposed to other traffic flow".

- Viegas & Lu, 2004

Närbesläktade metoder

Två närbesläktade metoder som kan användas för att uppnå liknande mål som flytande busskörfält (dvs. främst undvika köer vid trafikerade signaler utan att påverka övrig trafik) är företrädeskörfält (Queue jumper lanes) och förhandssignaler (Pre-Signals). Företrädeskörfält är en strategi som tillåter bussar att använda filen för högersväng vid signalerade korsning för att passera bilköen (Guler & Menedez, 2013). Därmed kan strategin mer eller mindre förenklas till att det införs ett dedikerat busskörfält just i anslutning till korsningen. Nowlin och Fitzpatrick (1997) som introducerade strategin kom fram till att systemet i kombination med signalprioritering kan öka genomsnittliga busshastigheter med upp till 15km/h. Förhandssignaler, som föreslogs av Wu och Hounsell (1998), gör exakt motsatsen, dvs. avslutar det dedikerade busskörfältet en bit innan den signalerade korsningen (där förhandssignalen installeras). Därmed kommer bussen vara först till korsningen och undviker kön men alla filer kan användas av övrig trafik i korsningen vilket gör att flaskhalseffekten minskas (kapaciteten ökar). Förhandssignaler finns i bruk i olika varianter i London och i Zurich (Guler & Cassidy, 2010) och vid en empirisk undersökning i Zurich säkerställde Guler och Menedez (2013) att bussarnas försejningar i korsningen var signifikant mindre än bilarna vilket antyder att strategin inte påverkar prioriteringen av bussar negativt.



Figur 2 - Vanliga komponenter i system för flytande busskörfält

² Benämns ofta Dynamic-, variable-, changeable-, message sign och förkortas med bla. CMS och VMS



Figur 3 - Alameda da Universidade i Lissabon där ett flytande busskörfält demonstrerades under sex månader

”The main factors determining whether an intermittent system saves time are: the traffic saturation level; the bus frequency; the improvement in bus travel time achieved by the special lane; and the ratio of bus and car occupant flows.”

- Eichler & Daganzo, 2006

Applikationsområden

Flytande busskörfält är en metod som kan komplettera och/eller integreras med etablerade metoderna för att prioritera bussar i linjetrafik (framförallt dedikerade busskörfält och signalprioritering). För att flytande busskörfält ska kunna implementeras måste det först av allt finnas en alternativ rutt för de bilar som då och då bannlyses från körfältet. Det kan antingen vara i form av ett annat körfält på samma väg (vanligast i litteraturen) eller i form av en alternativ rutt (Vreeswijk et al., 2008). I litteraturen nämns vidare endast huvudleder med två eller fler körfält och en eller flera signalerade korsningar som applikationsområde. Det finns dock egentligen inte något som säger att signalerade korsningar måste vara orsaken till de bilköer som flytande busskörfält ska hjälpa bussen att slippa (Guler & Cassidy, 2010).

”The primary benefit to the bus is jumping traffic queues at intersections”

- Eichler & Daganzo, 2006

För att det ska finnas fog för flytande busskörfält måste så klart även det problem som metoden angriper vara det som orsakar bussarnas förseningar, dvs. att de fastnar i övrig trafik. Är det t.ex. högersvängar eller gångtrafikanter som förseningar beror på bör mer infrastrukturintensiva lösningar som BRT-system beaktas (Eichler & Daganzo, 2006). Om bussen fastnar i övrig trafik är det oftast för att vägen är hårt trafikerad. Med andra ord bör det finnas ett relativt högt trafikflöde för att flytande busskörfält ska ha någon effekt. Varierar flödet mycket kan systemet definieras så att det endast aktiveras när trafikflödet når över en viss gräns. Trafikflödet får dock inte vara allt för högt eftersom kapacitetsminskningen i och med införandet av ett flytande busskörfält då riskerar att korka igen vägen helt. Eichler & Daganzo (2006) föreslog följande principer för att välja mellan dedikerade busskörfält, flytande busskörfält och signalprioritering

- » Dedikerat busskörfält med eller utan signalprioritering när trafikflödet är mindre än 80-90% av den reducerade kapaciteten³
- » Flytande busskörfält med eller utan signalprioritering när trafikflödet är när den reducerade kapaciteten
- » Signalprioritering när trafikflödet är mer än 120% av den reducerade kapaciteten

Vidare bör inte heller bussflödet vara för högt eftersom körfältet i så fall i praktiken fungerar som ett dedikerat busskörfält. Spinak et al. (2008) föresog ett maxtak på ungefär 20 bussar i timmen. Avslutningsvis bör även avståndet mellan korsningar vara tillräckligt långt för att möjliggöra säkra körfältsbyten (Joskowicz, 2012).

³ Reducerad kapacitet är kapaciteten om en fil vigs åt bussar

Framkomlighetseffekter

Det har som sagt utförts analytiska studier, simuleringar och fälttester för att uppskatta hur flytande busskörfält påverkar framkomligheten för både bussarna och övrig trafik. Nedan följer en sammanställning av de siffror som hittats i litteraturen. Siffrorna är hur som helst svåra att jämföra med varandra eftersom de olika studierna dels förlitar sig på olika antaganden och använder vitt skilda metoder för att ta fram siffrorna, men även eftersom de använder olika mått för att beskriva framkomlighet. Sammanfattningsvis kan dock nämnas att alla artikelförfattare är överens om att flytande busskörfält i rätt applikationsområde har förmåga att minska restiden för bussar utan signifikant påverkan på övrig trafik och att det därför är en bra och kostnadseffektiv metod för att prioritera bussar. Dock är det hittills endast

signalerade och flerfiliga korsningar där bussen kör rakt fram som har undersökts. Vidare är det inte vägens minskade kapacitet utan framförallt den ökade fordonstätheten som leder till ökade restider för övriga trafikanter (Eichler & Daganzo, 2006).

”Regardless of its form, there has been overwhelming evidence that bus priority brings about improved travel time, reliability and attractiveness of public transport”

- Goh et.al., 2014

Uppmätta och beräknade framkomlighetseffekter

Testmetod	Testobjekt	Resultat	Kommentar
Demonstration i Lissabon	IBL + TSP	Hastighet för bussar: +20% till 25% under vanliga omständigheter och upp emot 50% under rusningstid. Hastighet för bilar: Ingen märkbar skillnad	6 månaders demonstration 2005-2006 på en hårt trafikerad tvåfilig 800 meters-sektion (Alameda da Universidade) precis utanför det centrala affärsdistriktet med en mix av universitets- och pendeltrafik. Högerfilen i en riktning konverterades till IBL. (Viegas, 2007)
Implementation i Melbourne	DF + TSP	Restid för spårvagnar: -10% och -1% under rusning på morgon och eftermiddag Restid för övriga: ”Limited impacts”	Systemet installerades 2001 på den tvåfiliga Toorak road över en ca 2km lång sträcka. Spårvagnarna använder innerfilerna och de har intermitterant prioritering i rusningsriktning under rusningstrafik. (Currie & Lai, 2008)
Modellering	IBL	Restid för bussar: (genom korsningen) -30% (-4sek) Restid för bilar: (igenom korsningen) +3%	Simulering över en fyrvägs korsning med tre filer där avståndet mellan korsningar är 100 eller 200m och en buss viktas som 5 bilar i IBL-strategin. 1800 bilar/h (Viegas & Lu, 1999)
Mikrosimulering	IBL+TSP	Genomsnittlig hastighet för bussar: +8% till +20%	Mikrosimulering för trefiliga Scheboldaev street i Rostov. Den simulerade sträckan är 1km lång och har två korsningar med trafikljus. 2500 bilar/h. 20-30 bussar/h. Två busshållplatser. (Zyryanov & Mironchuk, 2012)
Ideal modell	BLIP	Genomsnittlig hastighet för bussar: +14.8% (2.87km/h)	Ideal modell vid hastighetsbegränsning 46.2 km/h. Stopptid vid hållplats = 1 min/km (Eichler & Daganzo, 2006)
Ideal modell	BLIP+TSP	Genomsnittlig hastighet för bussar: +34.8% (6.74km/h)	Ideal modell vid hastighetsbegränsning 46.2 km/h. Stopptid vid hållplats = 1 min/km (Eichler & Daganzo, 2006)
Mikrosimulering	BLIP	Restid för bussar: -14% (1 minut) i restid och -28% (-17s) i standardavvikelse Restid för bilar: ”little difference in average vehicle delay”	Mikrosimulering för West 11th avenue i Eugene som har två filer. Simuleringssträckan är ca 2km lång och innehåller nio korsningar med trafikljus. Inga uppgifter om flöden (Carey et al., 2009)
Mikrosimulering	DBL	Restid för bussar: -5.5% till -6.3% Restid för övriga: +0.52% till +2.38%	Mikrosimulering för en sträcka på 1km lång sträcka med tre filer och ett rödlys (?). Bussvolym mellan 30 och 180/h samt övrig trafik mellan 500 och 3300/h (Yang & Wang, 2009)
Modell	DBL	Restid för bussar: (genom korsningen) -36% respektive -32% för rusning under morgon och eftermiddag Restid för bilar (genom korsningen) +88% respektive +77%	HCM-Modell för Westminister road, Houston som har 4 filer. 1353 till 1659 bilar/h. 4 bussar per/h. Författaren räknar med 60% ”driver compliance” och att kapaciteten sänks till 3.75 filer pga. implementeringen. Vidare är det oklart varför bilar har längre väntetid än bussar i basläget. (Joskowicz, 2012)

Figur 4 - Sammanställning av uppmätta och beräknade framkomlighetseffekter

Användarpåverkan

Det finns inga dokumenterade resultat för hur bussresenärerna har reagerat på systemen i varken Lissabon eller Melbourne. Däremot förutspår Eichler (2005) att de skulle reagera på motsvarande sätt som Los Angelesborna gjorde när signalprioritering infördes på deras bussar och därmed förbättrade restid och restidsvariation. Resultat från före och efterstudier visade på förbättrad nöjdhet, ökat resande och förändringar i demografi. Vidare ökade andelen män och andelen höginkomsttagare.

Inte heller när det gäller påverkan på busschaufförerna finns det några resultat från Lissabon eller Melbourne. Eichler (2005) menar dock att deras upplevelse framförallt skulle påverkas av hur deras schema förändras. Snabbare turer och mindre förseningar skulle kunna leda till minskad utmattnings- och stress men samtidigt skulle det kunna innebära att de tidsöverskott som i dagläget används som informella raster försvinner, vilket i så fall skulle öka den upplevda arbetsbördan.

Både fälttestet i Lissabon och systemet i Melbourne har visat på god förståelse och bra beteende från övriga trafikanter. Polisbevakning har bara behövts de första veckorna och överlag har bilisterna förstått och accepterat att de fräntas ett körfält när bussarna behöver det (Spinak et al., 2008). Hur som helst föreslår de som varit drivande i Melbourne enligt Joskowicz (2012) följande rekommendationer för implementering av flytande busskörfält;

- » Det måste vara tydligt för övriga trafikanter vad de förväntas göra
- » Det måste vara möjligt för övriga trafikanter att göra vad de förväntas göra
- » Det måste vara möjligt för ansvariga att upprätthålla korrekt användning

”The users of the system must also be considered when discussing the institutional impacts of IBL, which will have impacts on bus drivers, passengers, private vehicle drivers and residents along an IBL route.”

- Eichler, 2005

Trafiksäkerhet

Hur trafiksäkerheten påverkas av bussprioritering är relativt outforskat och de resultat som finns är motstridiga (Goh et al., 2014). Yang och Wang (2009) fann t.ex. i sina simuleringar att antalet trafikkonflikter skulle öka med mellan 20 och 50% om flytande busskörfält infördes medan Goh et al. (2014) bland annat slagit fast att bussprioritering överlag verkar ha positiv effekt på trafiksäkerheten. En viktig orsak till skillnaden är enligt Goh et al. (2014) att prioriteringsfältet i många simuleringar placeras närmast mitten av vägen medan det t.ex. i Melbournes prioriteringsmetod för bussar (Smartbus) placerades ytterst, dvs. där långsamtgående fordon befinner sig. Goh et al. (2014) menar också att andelen olyckor där bussar krockar med stationära objekt eller fordon samt olyckor på väg in eller ut från hållplatser minskar när bussar prioriteras. Eichler (2005) tror vidare att antalet olyckor skulle sjunka vid en implementering av flytande busskörfält, åtminstone till en

början. Han liknar det vid när Sverige ställde om till högertrafik och menar på att övriga trafikanter troligtvis skulle köra försiktigare då de konfronteras med ovana situationer. Hur som helst föreslår han att standardskyltar ska användas så långt som möjligt och påpekar att det behövs förebyggande utbildningskampanjer.

Sammanfattning

Resultat från tidigare studier pekar mot att flytande busskörfält i rätt applikationsområden har potential att minska bussars restid och restidsvariation utan signifikant påverkan på övrig trafik. Metoden, som är ett komplement till dedikerade busskörfält och signalprioritering har föreslagits i flera olika utföranden och är framförallt effektiv när bussflödet är relativt lågt och flödet av annan trafik är i närheten av vägens reducerade kapacitet. Hittills har metoden framförallt undersökts i syfte att undvika köer vid trafikljus på huvudleder med två eller fler filer. Vidare är metoden som effektivast när den integreras med signalprioritering och synkroniseras över hela linjesträckningen, även om den också fungerar i isolerad utformning.

Referenser

- Andersson & Gibrand (2008) *Litteratursammanställning över kollektivtrafiksystem - som finns på världsmarknaden och är i bruk*
- Carey, Bauer & Giese (2009) *Bus lane with intermittent Priority (BLIMP) Concept Simulation Analysis*
- Eichler (2005) *Bus lanes with Intermittent Priority: Assessment and Design*
- Eichler & Daganzo (2006) *Bus lanes with intermittent priority: Strategy formulae and an evaluation*
- Girao, Alegria, Viegas, Lu & Viera (2006) *Wireless System for Traffic Control and Law Enforcement*
- Goh, Currie, Sarvi & Logan (2014) *Bus accident analysis of routes with/without bus priority*
- Guler & Cassidy (2010) *Deploying Underutilized Bus Lanes at Key Nodes in a Road Network*
- Guler & Menedez (2013) *Empirical Evaluation of Bus and Car Delays at Pre-signals*
- Hounsell & Shretsha (2005) *Wireless System for Traffic Control and Law Enforcement*
- Ipsos (2013), *Årsrapport 2012 – Kollektivtrafikbarometern, svensk kollektivtrafik*
- Joskowicz (2012) *Dynamic bus lane*
- Johansson, Waara, & Wärmarmark, (2010), *Översikt - Sju års vinnova-forskning om kollektivtrafik*
- Spinak, Chiu & Casalegno (2008) *Intermittent Bus Lane System (Lisbon)*
- Todd, Barth, Eichler, Dazango & Shaheen (2006) *Enhanced Transit Strategies: Bus Lanes with Intermittent Priority and ITS Technology Architectures for TOD Enhancement*
- Viegas & Lu (1999) *Bus priority with intermittent bus lanes*
- Viegas & Lu (2004) *The Intermittent Bus Lane signals setting within an area*
- Viegas (2007) *The Intermittent Bus Lane System: Lisbon Demonstration Project*
- Vreeswijk, Armandi & Campello (2008) *Flexible bus lanes in Bologna*
- Yang & Wang (2009) *An innovative dynamic bus lane system and its simulation-based performance investigation*
- Zyryanov & Mironchuk (2012) *Simulation Study of Intermittent Bus Lane and Bus Signal Priority Strategy*