

Thesis 364

Hur blir stadsbussen snabbare?

En studie över effekten av fördröjningspunkter och möjliga åtgärder

Annika Meynert

Ellen Karlström

Trafik och Väg
Institutionen för Teknik och Samhälle
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet



Copyright © Annika Meynert, Ellen Karlström

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle
CODEN: LUTVDG/(TVTT-5331)/1-152/2021
ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet
Lund 2021

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5331)/1-152
/2021

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 364

ISSN 1653-1922

Author(s): Annika Meynert
Ellen Karlström

Title: Hur blir stadsbussen snabbare? En studie över effekten av fördröjningspunkter och möjliga åtgärder.

English title: How to speed up the bus? A study of the effect of delay points and potential measures.

Language Svenska

Year: 2021

Keywords: Stadsbuss; BRT; Signalprioritering; Busskörfält; Hållplatser

Citation: Meynert, A. & Karlström, E. (2021), *Hur blir stadsbussen snabbare? En studie över effekten av fördröjningspunkter och möjliga åtgärder*. Lund, Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2021. Thesis. 364

Abstract:

As cities get denser due to urbanization, the importance of competitive public transport increases. Since a central factor when choosing transport mode is travelling time, high speeds and short delays are essential to attract more travellers to public transport. Many cities around the world, including Sweden, have implemented Bus Rapid Transit (BRT) or bus lines inspired by BRT, to make travelling by bus more attractive. The aim of this study is to improve the knowledge of how different measures affect travel time and by that, where the focus must be when establishing BRT in existing urban areas to reduce delays and to increase speeds. Based on reviewed literature, a case study was set up and carried out in Malmö, where the effects of implemented measures along the city's BRT-inspired line were analysed. Moreover, a comparison between the measures' affects along the BRT-inspired line, and comparable attributes' affects along a traditional line, was made to analyse the dimension of potential time savings for a BRT-inspired line. The result shows that to implement BRT-inspired bus lines in an existing environment is complex, as prioritization of buses cannot be done without restrictions for other transport modes. The case study indicates that the BRT-inspired bus line in Malmö in general has higher delays compared to a traditional bus line in Malmö. Hence, there are measures that could be done to shorten these delays, and most importantly, there are measures that can be considered in the planning process for further implementation of BRT- inspired lines.

Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, LTH
Lunds Universitet
Box 118, 221 00 LUND

Transport and Roads
Department of Technology and Society
Faculty of Engineering, LTH
Lund University
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Innehållsförteckning

Förord	I
Sammanfattning	III
Summary	V
Ordlista	VII
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsning	2
1.4 Rapportens disposition	3
2 Teori om val av transportmedel	5
3 Metod	7
3.1 Litteraturstudie	7
3.2 Fallstudie	7
3.2.1 Fältmätningar	9
3.2.2 Qlikview	12
3.2.3 Flowmapper	14
4 Litteraturstudie	17
4.1 BRT-systemets historia	17
4.2 Fördröjningar	18
4.2.1 Korsningar	19
4.2.2 Farthinder	20
4.2.3 Övrig trafik	20
4.2.4 Genhet	20
4.2.5 Avstånd mellan hållplatser	21
4.2.6 Hållplatsstopp	21
4.2.7 Sammanställning	23
4.3 Åtgärder	24

4.3.1 Korsningar	24
4.3.2 Farthinder	26
4.3.3 Busskörfält	28
4.3.4 Genhet	29
4.3.5 Avstånd mellan hållplatser	30
4.3.6 Hållplatsstopp	31
4.3.7 Sammanställning	37
5 Fallstudie	39
5.1 Ombyggnation av linje 5	39
5.2 MalmöExpressen	40
5.3 Linje 7	43
5.4 Skillnader mellan MalmöExpressen och linje 7	46
5.4.1 Infrastruktur	46
5.4.2 Medelhastighet	47
5.5 Skillnader i hastighet mellan linjer	50
5.6 Fördröjningspunkter	51
5.7 Hållplatsutformning	53
5.7.1 Skillnad i in- och utkörningstid	56
5.7.2 Inkörning	58
5.7.3 Utkörning	59
5.7.4 Sammanställning	60
5.8 Av- och påstigning	61
5.9 Biljettvalidering	62
5.10 Hållplatsavstånd och hastighet	64
5.11 Genhet och hastighet	65
5.12 Busskörfält	67
5.12.1 Busskörfält på 60 – väg	68
5.12.2 Busskörfält i stadsmiljö – parkering höger om busskörfält	69
5.12.3 Busskörfält i stadsmiljö – farthinder	70
5.12.4 Busskörfält i stadsmiljö – oskyddade trafikanter	72
5.12.5 Busskörfält i stadsmiljö – parkerade bilar i blandtrafik	73
5.12.6 Busskörfält i stadsmiljö – avbrott i busskörfält	74
5.12.7 Busskörfält i stadsmiljö – i ett längre perspektiv	75
5.12.8 Busskörfält på 60-väg – avbrott i busskörfält	76

5.12.9 Sammanställning	77
5.13 Trafiksignaler	80
5.14 Cirkulationsplatser	84
5.15 Farthinder och övergångställen	85
5.16 Sammanställning fallstudie	86
6 Sammanställning av resultat	89
6.1 Litteraturstudie och fallstudie	89
6.2 Jämförelse mellan MalmöExpressen och linje 7	91
6.3 Åtgärdsförslag	93
7 Diskussion och slutsatser	99
7.1 Metoddiskussion	99
7.1.1 Litteraturstudien	99
7.1.2 Fallstudien	99
7.2 Resultatdiskussion	100
7.3 Slutsats	105
Referenser	107
Bilagor	113

Förord

Som avslutning på civilingenjörsprogrammet i Väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola har detta examensarbete genomförts under våren 2021 på avdelningen Trafik- och väg.

Till att börja med vill vi tacka vår handledare Helena Svensson för alla handledningstillfällen och för all vägledning genom examensarbetet. Vi vill även rikta ett tack till Emma Morin, Anders Wretstrand, Kirsten Wretstrand och Emelie Nyman på Skånetrafiken för allt material ni bidragit med och att vi fick tillgång till Skånetrafikens program. Vidare vill vi även tacka Eva-Marie Wenehed på Tyréns för att vi fick använda er nyutvecklade analysplattform för kollektivtrafik, Flowmapper. Programmet var till stor hjälp och vi tror det kommer vara till stor nytta inom kollektivtrafiken. Sist men inte minst vill vi även rikta ett tack till Per Wisenborn (Malmö stad) samt Torgny Johansson och Victoria Johansson (Helsingborgs stad) för svar på alla våra frågor.

Tack!

Lund, maj 2021

Annika Meynert

Ellen Karlström

Sammanfattning

Som ett resultat av urbaniseringen förtätas städer vilket ställer krav på högkvalitativ kollektivtrafik. Idag satsar många städer i Sverige på att skapa BRT-liknande stadsbusslinjer för att korta restiden med buss och skapa attraktivare kollektivtrafik. Syftet med denna studie är att undersöka vilka fördröjningspunkter som påverkar restiden mest samt vilka åtgärder som är mest effektiva. Målet är att ta fram underlag som kan användas vid implementering av BRT-inspirerade linjer i stadsmiljö. Det har i studien endast tagits hänsyn till åtgärder som minskar restiden och inte andra viktiga faktorer.

För att besvara frågeställningarna har två kompletterande metoder använts, en litteraturstudie och en fallstudie. I litteraturstudien studerades tidigare forskning över fördröjningspunkter och vilka olika åtgärder som finns. I fallstudien användes MalmöExpressen som studieobjekt och linje 7 i Malmö användes som jämförelselinje. Fallstudien bestod av två delar: fältmätningar och analys av färddata. Fältmätningarna bestod av en kartläggning av båda linjerna, en studie av hur hållplatsutformningen påverkar in- och utkörningstiden, hur av- och påstigningstiden påverkas av antalet dörrar på bussen, samt hur lång tid det tar att scanna en biljett med QR-kod. Den andra delen av fallstudien bestod av data från Skånetrafikens Qlikview applikation och det nyutvecklade programmet Flowmapper. Qlikview användes vid en regressionsanalys, en jämförelse mellan medelhastigheter på MalmöExpressen och linje 7, samt vid en analys över hur genhet och hållplatsavstånd förhåller sig till medelhastigheten. Genom Flowmapper studerades hur medelhastigheten förhåller sig över dygnet för samtliga stadsbusslinjer i Malmö samt hur busskörfält, signalreglerade korsningar, cirkulationsplatser, farthinder och övergångsställen påverkar restiden.

Kartläggningen visar att det inte finns någon större skillnad mellan MalmöExpressen och linje 7 utifrån fördröjningspunkter. MalmöExpressen har en hög andel busskörfält jämfört med linje 7, samtidigt har MalmöExpressen en relativt låg medelhastighet. De fördröjningspunkter som har visat sig ha störst effekt på restiden är signalreglerade korsningar. Övergångsställen och farthinder däremot, visade sig endast ha en liten påverkan. Busskörfält hade generellt en positiv effekt på restiden, dock påverkade placeringen i hög grad effekten och i de centrala delarna av staden var effekten som störst. Studien över hur antalet dörrar påverkar av- och påstigningstiden visade att det inte fanns något tydligt samband mellan fler dörrar på bussen och kortare av- och påstigningstid. Inte heller validering genom QR-scanning visade sig vara mer effektivt än scanning genom traditionella smartkort. Studien över genheten visade ett tydligt samband mellan hög medelhastighet och ett lågt genhetstal, däremot fanns inget samband mellan hållplatsavstånd och medelhastighet.

Det största problemet längs med MalmöExpressen är de många signalreglerade korsningarna utan prioritering och särskilt de korsningar som ligger i anslutning till en busshållplats. När en busshållplats ligger i anslutning till en signalkorsning måste bussen rulla fram mot signalen för att bli detekterad vilket fördröjer bussen ytterligare. Genom noggrannare planering hade busshållplatserna kunnat anläggas längre från korsningen, vilket hade möjliggjort tidigare detektering. En större andel busskörfält i de centrala delarna hade ytterligare kunnat minska restiden då det är här bussen håller som lägst hastighet samtidigt som busskörfälten har som störst effekt här. Sammanfattningsvis kan det konstateras att noggrann planering och tydlig prioritering är viktigt när BRT-inspirerade stadsbusslinjer ska implementeras.

Summary

Due to urbanization, cities are becoming increasingly dense, requiring a high-quality public transport. Today, many cities in Sweden have implemented BRT-inspired bus lines to shorten travel time by bus and create a more attractive public transport. The purpose of this study is to investigate which delay points that affect the travel time the most and which measures that are the most effective. The goal is to produce a basis that can be used when implementing BRT-inspired lines in an urban environment. The study has only considered measures that reduce travel time and no other important factors.

To answer the questions, two complementary methods have been used, a literature study and a case study. In the literature study, previous research of delay points and possible measures were studied. In the case study, MalmöExpressen was used as the study object and bus line 7 was used as a comparison line. The case study consisted of two parts: field measurements and analysis of travel data. The field measurements consisted of a mapping of both bus lines, a study of how the design of the bus stop affects entry and exit time, how the boarding and alighting time depends on the number of doors, and how long it takes to scan a bus ticket with a QR-code. In the second part, data from Skånetrafikens Qlikview application and a newly developed program called Flowmapper were analyzed. Qlikview was used for a regression analysis of delay points, a comparison between average speeds on MalmöExpressen and line 7, and finally for studying how the relationship between linear distance and travel distance between bus stops affects the average speed. Flowmapper was used for studying how the average speed varies over the day for all bus lines in Malmö and how bus lanes, signal-regulated intersections, traffic circle, speed bumps and pedestrian crossings affect the travel time.

The mapping of the lines shows no larger difference between MalmöExpressen and line 7. MalmöExpressen has a high proportion of bus lanes compared to line 7 but has a relatively low average speed. The delay points that have shown to have the largest impact on travel time are signal-regulated intersections. Pedestrian crossings and speed bumps, however, turned out to only have a small impact. Bus lanes generally had a positive effect on travel time. However, the effect of bus lanes was greater in the central parts of the city and lower in the more peripheral parts. The study of boarding and alighting time showed no clear connection between the number of doors and time. Also, validation through QR-scanning did not turn out to be more effective than traditional smartcards. The study of the relationship between linear distance and travel distance amongst bus stops, indicated that while high average speed was correlated with a low distance ratio, no relationship between bus stop distance and average speed was found.

The study concludes that the largest problem along MalmöExpressen is the many signal-regulated intersections without prioritization, especially those located near a bus stop. At the signal-regulated intersections where a bus stop is adjacent, the bus needs to roll towards the signal to be detected, which leads to further delays. Through a more careful planning process, bus stops can be placed further away from intersections, enabling earlier detection. A larger share of bus lanes in the central parts of the city could further reduce the travel time. It is in the central parts that the bus has the lowest average speed, and it is also here the bus lanes have the largest effect. To summarize, a careful planning process and a clear prioritization are important aspects when a BRT-inspired bus line are to be implemented.

Ordlista

BHLS	Bus with a High Level of Service.
BRT	Bus Rapid Transit.
Färdhastighet	Medelhastigheten (km/h) längs en linje. Definieras som total reslängd (km) dividerat med total restid (h). Inkluderar alla stopp längs linjen.
Genhet	Hur avståndet mellan två hållplatser förhåller sig mellan körvägen och fågelvägen. Litet förhållande = hög genhet.
Högtrafik	I rapporten definierat som mellan klockan 07:00 och 08:30 samt mellan 16:00 och 18:00.
Knutpunkt	Station/hållplats där flera busslinjer möts för att underlätta byten mellan linjer.
Kollektivtrafiksignal	Signal endast avsedd för kollektivtrafik, består i detta fall av bokstaven S, ett vågrätt streck och ett lodrätt streck.
Lågtrafik	Alla timmar under dygnet utanför högtrafik.
Länkar	Sträckan mellan hållplatserna.
MalmöExpressen	Expressbusslinje i Malmö Stad, Linje 5. MEX förekommer som förkortning i rapporten.
Ombordtid	Tiden en resenär spenderar i fordonet.
Omloppstid	Tiden mellan två avgångstider för samma buss från samma ändhållplats.

Referenshastighet	Hastigheten som ligger till grund för utformning och dimensionering av gator och vägar.
Reglerhållplats	Hållplats längs linjen där bussen stannar och väntar in tid, om den ligger före i körschemat. Avgångstid från reglerhållplats ska aldrig vara tidigare än angiven avgångstid.
Restidskvot	I detta fall förhållandet mellan restiden med kollektivtrafik och restiden med bil.
Stomlinje	Gen linjesträckning mellan tunga målpunkter.
Trafikantcirkulation	Rörelsen av resenärer i bussen och på hållplatsen.
Turtäthet	Tiden mellan två på varandra följande avgångar.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Sedan industrialismens intåg har allt fler människor flyttat från landsbygden in till städerna. Urbaniseringsprocessen i Sverige kan delas in i tre faser, varav den första inleddes med att 90 % av befolkning bodde på landsbygden medan under den sista, mellan 1970 och 2005 ökade urbaniseringsgraden i Sverige från 81 till 85 % (Hultén et al. 2016). Boverket beräknade 2016 att 700 000 nya bostäder kommer att behöva byggas fram till 2025. Det är samhällsekonomiskt lönsamt att bygga i de större tätorterna och därför kommer troligtvis en stor andel av bostäderna byggas i städerna, ofta genom förtätning (Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien 2017). Idag är mellan 20 och 30 % av ytan i städer avsatt för biltrafik (Naturvårdsverket 2021). Den ökade urbaniseringen i kombination med samhällets allt större fokus på förtätning ställer krav på yteffektiva och hållbara transportlösningar. För att uppnå en bra miljö i städerna måste en större andel av transportarbetet utgöras av hållbara transporter, alltså även kollektivtrafikresor (Enquist 2016). En förtätad stad har visat sig generera fler kollektivtrafikresor vilket ställer krav på ett välfungerande och väl utbyggt kollektivtrafiksystem. Kollektivtrafiken både minskar trängseln och ökar trafiksystemets kapacitet vilket gör den till en viktig del i den täta staden (Holmberg 2013).

För att minska antalet bilar i staden måste kollektivtrafiken vara tillräckligt attraktiv för att bilister ska vilja byta färdmedel. Kollektivtrafikbarometern undersöker varje år hur stor andel av alla motortrafikresor som genomförs med kollektivtrafik. Sedan 2010 har marknadsandelen kontinuerligt stigit och låg 2019 på 31 %. Berge och Amundsen (2001) har genomfört en studie över vilka faktorer som är viktigast vid valet av kollektivtrafik och dessa är: restid, tillgänglighet, pålitlighet, komfort, trygghet, pris och information. Kollektivtrafikbarometerns (2019) undersökning visar att de faktorer som främst påverkar är relevans (avgångstiderna och att linjerna passar behoven), kunskap och produktfördel (resan ger en tidsbesparing). I stadsbusstrafiken är det möjligt att prioritera busstrafiken genom att skapa ett BRT (Bus Rapid Transit) inspirerat system och på så sätt minska restiden, skapa en högre turtäthet, pålitlighet samt komfort (X2AB, Energimyndigheten, Sveriges bussföretag & Trafikverket 2015).

Då den kollektivtrafik som bedrivs av de regionala kollektivtrafikmyndigheterna delvis är skattefinansierad, är biljettintäkterna av stor vikt för att kollektivtrafiken ska kunna utvecklas och vara konkurrenskraftig. Minskar restiden med buss ökar kollektivtrafikens attraktivitet; antalet resande ökar och de regionala kollektivtrafikmyndigheternas biljettintäkter växer. Minskad restid möjliggör också för kortare omlopp, vilket gör att fordon och förare kan sparas in utan att utbudet minskar. Att minimera restiden är därför av stor vikt för att kollektivtrafiken ska vara konkurrenskraftig i förhållande till andra transportmedel. Det enda sättet att minimera restiden, utan att minska avståndet mellan punkt A och punkt B, är att öka bussens färdhastighet (Nielsen et al. 2005; Sveriges kommuner och landsting [SKL] & Trafikverket 2012).

Fordonens färdhastighet påverkar ombordtiden för en resenär och beror på hur hög den maximala hastigheten som fordonet uppnår är. Färdhastigheten är en funktion av fordonets maxhastighet, stillaståendetid, samt acceleration och retardation. I ett optimalt system är

maxhastigheten densamma som skyltad hastighet, men på grund av ofrånkomliga retardationer, accelerationer och stopp längs linjen uppnås skyltad hastighet sällan (Nielsen et al. 2005). Att sträva efter att hållplatsstopp är det enda som sänker färdhastigheten är dock endast realistiskt i ett optimalt system (SKL & Trafikverket 2012).

Det finns olika fördröjningspunkter i stadstrafiken som gör att bussen inte uppnår sin maximala kapacitet. Många svenska städer satsar idag på att skapa en högkvalitativ och kapacitetsstark kollektivtrafik som kan konkurrera med bilen. Många av linjerna har hämtat inspiration från BRT-systemet. Genom att utvärdera vilka BRT-inspirerade åtgärder som har störst effekt på restiden kan bra åtgärder även genomföras på vanliga stadsbusslinjer för att effektivisera dessa.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att analysera olika fördröjningspunkter samt effekten av eventuella tidsbesparandeåtgärder i stadsbusstrafiken. Vidare ska studien syfta till att ge förslag på hur en BRT-inspirerad linje i stadsmiljö kan utvecklas för att ge en kortare restid.

Studiens frågeställningar är följande:

- Hur stor påverkan har olika fördröjningspunkter för restiden, samt hur stor effekt ger olika åtgärder?
- Hur skiljer sig en BRT-inspirerad busslinje och en traditionell busslinje åt när det gäller fördröjningspunkter och restid?
- Hur väl fungerar en implementerad BRT-inspirerad linje när det gäller restid?

Målet är att öka kunskapen om var fokus bör ligga vid planering av BRT-inspirerade linjer i befintlig stadsmiljö samt hur vanliga linjer också kan vidareutvecklas på ett effektivt sätt för att restiden ska förkortas.

1.3 Avgränsning

Studien behandlar endast åtgärder relevanta för stadsmiljöer, detta då förutsättningarna för stadsbusstrafiken skiljer sig från regionalbusstrafiken. Flertalet städer i Sverige har implementerat BRT-inspirerade stadsbusslinjer eller ligger i startgroparna. Dock har en geografisk avgränsning i fallstudien gjorts till Malmö, endast fördröjningspunkter och förbättringsåtgärder som i nuläget finns på MalmöExpressen (linje 5) har analyserats. Endast effekten av åtgärder kopplat till tidsbesparing har studerats i litteratur- och fallstudien, även om liknande åtgärder i stor utsträckning också har en positiv effekt sett till punktlighet och komfort. Olika förbättringsåtgärder har olika investeringskostnad vilket inte tagits hänsyn till vid förslag på olika åtgärder, utan förslag på åtgärder är endast baserade på restidsvinster.

1.4 Rapportens disposition

1. Inledning

I kapitel 1 ges en inledning till arbetet. Även syfte, frågeställning och mål, samt avgränsningar beskrivs.

2. Teori

I kapitel 2 lyfts teorin om kollektivt resande och de faktorer som anses påverka viljan att resa kollektivt diskuteras.

3. Metod

I kapitel 3 beskrivs de olika metoder som ingått i studien. Först beskrivs metoden för litteraturstudien (avsnitt 3.1) och sedan beskrivs metoden för fallstudien (avsnitt 3.2). Metoden för fallstudien inleds med en djupare förklaring till varför det valda studieobjektet valts, därefter följer underrubriker baserat på de tre olika datakällor använda i fallstudien: Fältmätningar, Qlikview och Flowmapper. Under respektive underrubrik beskrivs samtliga studier och metoder som gjorts baserat på respektive datakälla.

4. Litteraturstudie

I kapitel 4 behandlas litteratur över tidigare forskning inom området. Kapitlet inleds med ett avsnitt (4.1) som ger en kort historisk bakgrund över BRT-system. I avsnitt 4.2 beskrivs de fördröjningspunkter som finns i stadsmiljön, och därefter, i avsnitt 4.3, tas förslag på åtgärder till de olika fördröjningspunkterna upp. Både avsnitt 4.2 och avsnitt 4.3 avslutas med en sammanställning över samtliga fördröjningspunkter respektive olika åtgärders påverkan.

5. Fallstudie

I kapitel 5 presenteras resultatet från fallstudien. Kapitlet inleds med en beskrivning av hur linje 5 i Malmö såg ut innan ombyggnad (avsnitt 5.1), och följs av ett avsnitt (5.2) över hur linje 5 (MalmöExpressen) ser ut idag. Därefter beskrivs skillnader mellan MalmöExpressen och övriga huvudlinjer i Malmö, med fokus på skillnader mellan MalmöExpressen och linje 7 (avsnitt 5.3–5.5). I kapitelavsnitt 5.6–5.15 presenteras resultatet av de mätningar som gjorts ute i fält eller genom analyser i databaser. Kapitlet avslutas med en sammanfattning av resultaten (avsnitt 5.16).

6. Sammanställning av resultat

Kapitel 6 syftar till att skapa en överblick över samtliga resultat från både litteraturstudien och fallstudien. I avsnitt 6.1 görs en sammanvägning av litteraturstudiens och fallstudiens resultat. Vidare i avsnitt 6.2 görs en jämförelse av den totala fördröjningen på MalmöExpressen respektive linje 7. Avslutningsvis presenteras i avsnitt 6.3 ett åtgärdsförslag för hur restiden på MalmöExpressen skulle kunna effektiviseras genom implementering av ett antal åtgärder, baserat på resultatet från litteratur- och fallstudien.

7. Diskussion och slutsats

Kapitel 7 inleds med en diskussion av de metoderna som använts, både med avseende på litteraturstudien och fallstudien (avsnitt 7.1). I avsnitt 7.2 diskuteras resultatet från fallstudien i förhållande till tidigare forskning, samt i förhållande till arbetets syfte. Även arbetets slutsats samt rekommendationer för implementering presenteras i avsnitt 7.3.

2 Teori om val av transportmedel

Restiden spelar en viktig roll när en individ väljer färdmedel, och vid valet mellan ett kollektivt färdmedel och bil är även förhållandet mellan restiderna en viktig faktor. Det finns dock även andra faktorer som också är viktiga. K2, Statens vegvesen och Urbanet Analyse (2017) listar tre faktorer som påverkar i vilken utsträckning kollektivtrafiken respektive bilen väljs som färdmedel i staden och dessa är: ekonomiska ramvillkor, stadsstruktur och konkurrensen mellan bil och kollektivtrafik. Det förstnämnda, ekonomiska ramvillkoret, avser inkomstförändringen och prissättningen i samhället. Generellt leder högre inkomster till ett ökat bilinnehav och en minskad kollektivtrafikandel. Även den totala kostnaden för bilresan i förhållande till en kollektivtrafikbiljett påverkar färdmedelsfördelningen. Eftersom bilen uppfattas som ett bekvämare och mer flexibelt färdmedel än kollektivtrafiken måste de åtgärder som genomförs inom kollektivtrafiken kombineras med restriktioner mot biltrafiken för att ge effekt. Den andra faktorn, stadsstrukturen, påverkas av var arbetsplatser är lokaliserade och hur befolkningstätheten ser ut. Förtätas städer i områden med välutvecklad kollektivtrafik utnyttjas de redan utbyggda stråken och kollektivtrafikens ställning kan stärkas. En högre befolkningstäthet leder till ett ökat kollektivtrafikresande samtidigt som centrala stadsdelar har högre kollektivtrafikandel än perifera stadsdelar. Det sistnämnda, konkurrensen mellan bil och kollektivtrafik, avser hur konkurrensförhållandet ser ut mellan bil och kollektivtrafik, vilket inkluderar restidsförhållandet mellan färdmedlen samt hur utbudet av kollektivtrafiken ser ut. Konkurrensen mellan färdmedlen påverkas också i hög grad av utbudet av parkeringsplatser och de eventuella kostnaderna för dessa.

För att öka kollektivtrafikens konkurrenskraft måste den göras attraktivare i förhållande till bilen. Den totala uppoffringen som en person gör vid varje resa kan sammanfattas genom begreppet *generell reskostnad* (GK). Den generella reskostnaden kan appliceras på alla transportslag och syftar till att omvandla värdering av tid och fasta kostnader kopplat till resan, till en gemensam kostnad för hela resan. Ju större likheten är i generell reskostnad hos olika transportmedel, desto större konkurrenskraft finns mellan transportmedlen (K2, Statens vegvesen & Urbanet Analyse 2017). Modellen för generaliserad reskostnad är baserad på teorin om nyttomaximering; människan strävar efter att maximera sin egen nytta. Människan är därför mer benägen att välja alternativet med lägst generaliserad kostnad (Raux 2003).

Den generella reskostnaden för kollektivtrafik definieras, liksom för övriga trafikslag, som restiden och den fasta kostnaden kopplat till resan. För kollektivtrafikresor utgörs restiden av flera komponenter: ombordtid, restid till och från hållplatsen, väntetid vid hållplats, eventuell bytestid samt eventuell förseningstid. Formeln ser ut enligt följande:

$$GK = p + \left(\sum_1^l v_s X_s \right)$$

Där p är biljettpriiset, v_s är tidsvärde i kronor för reselement s och X_s är reselement s . I väntetiden inkluderas både den faktiska tiden som resenären väntar vid hållplatsen samt den dolda väntetiden. Den dolda väntetiden är den tid som en resenär kan behöva vänta, exempelvis hemma eller på arbetet, för att matcha en avgångstid. Komponenterna

inkluderade i restiden har dessutom olika viktningsvärden då de upplevs olika belastande (SKL & Trafikverket 2012).

Elasticiteter kan användas för att beskriva hur efterfrågan förändras när en viss faktor förändras. I förenklad form ser elasticitetsformeln ut enligt följande:

$$\Delta y [\%] = e * \Delta x [\%]$$

Där Δy visar förändringen i efterfrågan, e är elasticitetstalet och Δx visar förändringen av den studerade faktorn. Vill ännu noggrannare beräkningar genomföras bör en logaritmisk metod användas istället. Skånetrafiken har några generella värden som de använder vid elasticitetsberäkningar och dessa är -0,6 för åktid och -0,3 för väntetid, gångtid och pris (SKL & Trafikverket 2012). Detta visar hur viktig förkortad restid är för efterfrågan på kollektivtrafik.

3 Metod

För att besvara frågeställningarna har två kompletterande metoder använts. Först genomfördes en litteraturstudie för att undersöka resultatet av tidigare forskning kring fördröjningspunkter och möjliga åtgärder kopplat till restidsbesparing, och därefter genomfördes en fallstudie i Malmö. De två delmomenten beskrivs närmare nedan.

3.1 Litteraturstudie

I litteraturstudien låg fokus på att analysera vanligt förekommande problempunkter i busstrafiken samt vilken effekt de har på restiden och färdhastigheten. Även eventuella lösningar och dess effekter studerades med avseende på färdhastighet och tidsbesparing.

För sökning av litteratur användes främst LUBsearch men även Google Scholar i viss mån. Vanliga sökord som användes i databaserna var: *busskörväg*, *bus lane*, *operating speed and bus*, *validation and public transport*, *bus stop and design*, *speed bump and bus* och *signal prioritization and bus*. Utifrån intressanta artiklar hämtades referenser som sedan förde en vidare till andra relevanta publikationer. Publikationerna är främst vetenskapliga artiklar men även publikationer från myndigheter förekommer. I de fall olika myndighetsdokument eftersöktes användes främst sökningar i Google eftersom dessa publikationer i första hand finns på myndigheternas hemsidor. Det har delvis varit svårt att hitta nya utgivningar inom området och därför har många äldre publikationer använts. Detta har dock tagits hänsyn till vid användandet och det finns en medvetenhet inför att vissa siffror och värden kan ha förändrats över tid.

3.2 Fallstudie

En fallstudie innebär att studera ett avgränsat objekt, och är fördelaktig vid studier över förändringar. Genom en fallstudie kan en bred bild över ett objekt skapas och med fördel kan ett flertal tekniker användas för datainsamling. För jämförelse av två (eller fler) objekt i en fallstudie, kan objekten antingen väljas medvetet för att få fram en så stor variation som möjligt eller så kan de väljas slumpmässigt (Davidson & Patel 1991). För att undersöka effekten av implementerade tidsbesparandeåtgärder i stadsbusstrafiken har därför en fallstudie valts att genomföras på två stadsbusslinjer i Malmö. En medvetenhet har funnits om att välja jämförelsealternativ med stor variation från huvudobjektet.

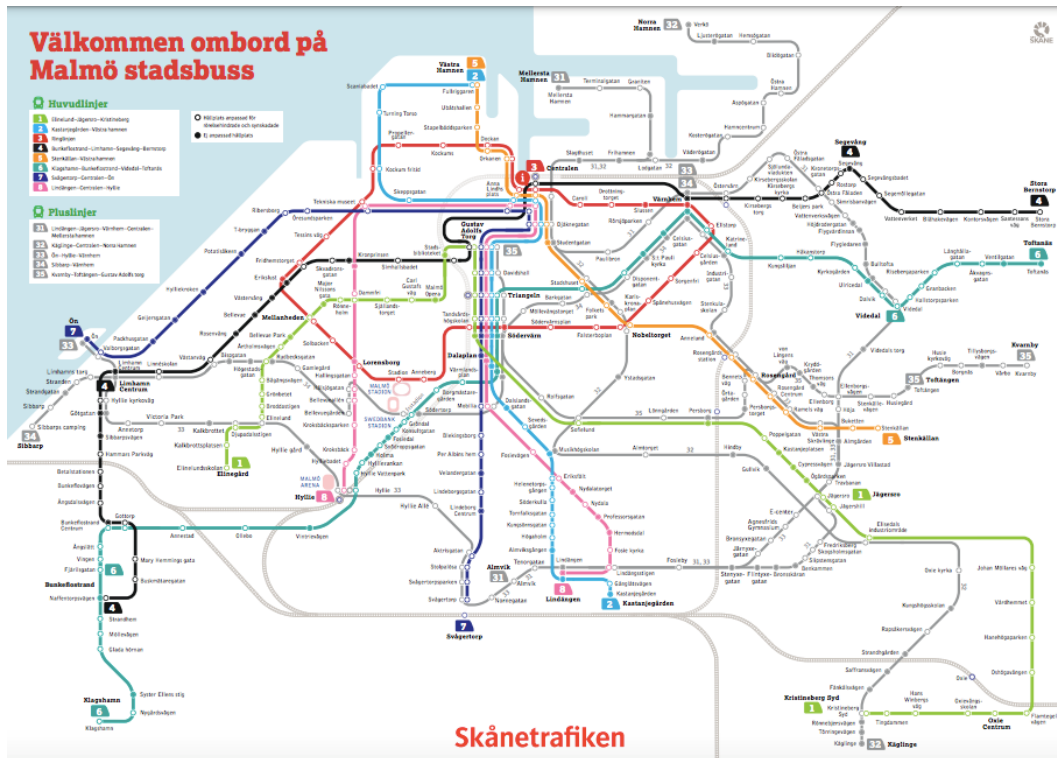
För att kunna studera hur olika åtgärder påverkar restiden måste en linje som har flera implementerade tidsbesparandeåtgärder väljas. En sådan linje krävs också för att kunna studera hur en BRT-liknande linje skiljer sig från en vanlig stadsbusslinje. Det finns några städer i Sverige som har infört BRT-inspirerade linjer i stadsbusstrafiken, däribland Malmö. Staden har idag en stadsbusslinje där betydande åtgärder har genomförts för att öka framkomligheten samt minska restiden. Det finns ett relativt stort kollektivt resande i Malmö vilket gör att det finns underlag för större investeringar i kollektivtrafiken. I Malmö genomförs 17 % av alla resor med buss, vilket kan jämföras med resten av Skåne där samma

siffror endast är 11 % (Region Skåne 2018). Malmö är Sveriges tredje största stad med sina cirka 347 949 invånare (siffror hämtade från 2020) (Malmö Stad u.å), vilket också bidrar till att skapa underlag för större investeringar och mer satsning på prioriterade kollektivtrafikstråk. Nedan, i Figur 1 syns en karta över Malmö stad och den visar att Malmö är en rund stad som till stor del avgränsas av havet. Genom Öresundsbron finns goda förbindelser till Danmark och övriga Europa.



Figur 1. Malmös stadsstruktur (OpenStreetMap 2021).

Den BRT inspirerande linje som har studerats är linje 5 i Malmö (även kallad MalmöExpressen). För att få fram jämförelsetal från en vanlig linje har linje 7 i Malmö valts som jämförelselinje. Denna linje har valts eftersom det är en klassisk stadsbusslinje som inte heller är planerad att bli en ny expressbusslinje inom en snar framtid (Malmö stad 2021). Linje 7 går också till stora delar genom de centrala delarna av staden precis som MalmöExpressen vilket gör att förutsättningarna mellan de två linjerna är ganska lika, se Figur 2. Utöver linje 7 har även linje 2, linje 3, linje 8, linje 31 och linje 32 ingått vid några datainsamlingar, och vid en övergripande analys i en databas har alla huvudlinjer (linje 1–8) i Malmö ingått.



Figur 2. Linjenätet för Malmö stadsbuss (Skånetrafikens u.å a).

Fallstudien består av två huvuddelar, fältmätningar och analys i dataprogram. Data över medelhastigheter och passagetider har hämtats från Skånetrafikens Qlikview applikation och Tyréns program Flowmapper. I några studier har en separering mellan hög- och lågtrafik gjorts och då har högtrafik antagits infalla mellan 07:00 och 08:30 samt mellan 16:00 och 18:00.

3.2.1 Fältmätningar

För att kartlägga hur linjerna ser ut samt undersöka faktorer som inte har kunnat utläsas från den data som finns i Qlikview applikationen och Flowmapper har fältmätningar genomförts. Först genomfördes en kartläggning av både MalmöExpressen och linje 7 utifrån fördröjningspunkter samt eventuella åtgärder. Därefter genomfördes en studie över hur hållplatsutformningen påverkar in- och utkörningstiden, hur antalet dörrar påverkar av- och påstigningstiden samt hur lång tid biljettvalideringen tar. Alla fallstudier genomfördes under vardagar och under januari till mars 2021. Alla fältstudier genomfördes under Coronapandemin vilken har haft en stor effekt på det kollektiva resandet. Detta gjorde att antalet resenärer och trafikflödena i staden var mindre än vad det skulle varit under ett normalår, vilket kan ha påverkat resultaten. Av hänsyn till andra resenärer genomfördes studier inuti bussar inte under högtrafik, vilket troligtvis gav ett mindre underlag.

Kartläggning av linjer

En kartläggning av både MalmöExpressen och linje 7 genomfördes för att ta fram grundläggande fakta om linjerna vilket sedan användes som underlag till de flesta studierna. Först studerades MalmöExpressen och linje 7 i detalj utifrån olika potentiella fördröjningspunkter på sträckan. Bussresor på båda linjer genomfördes och alla fördröjningspunkter antecknades samt de åtgärder som gjorts på linjen. Studien på

MalmöExpressen genomfördes fredagen den 29 januari 2021 och några veckor senare, onsdagen den 17 februari 2021 genomfördes studien på linje 7. Google Maps användes som ett komplement till kartläggningen i fält. Till sist markerades alla fördröjningspunkter samt eventuella åtgärder in i kartor som ritades i Power-Point. Avståndet mellan hållplatserna, både fågelvägen och körvägen, krävdes också. Avstånden uppmättes med hjälp av Google Maps, vilket har gett ungefärliga värden.

Hållplatsutformning

Hur olika typer av hållplatsutformning påverkar tiden det tar för bussen att köra in respektive ut från en hållplats undersöktes genom att studera fyra olika hållplatser längs MalmöExpressen. En punkt innan hållplatsen och en punkt efter hållplatsen valdes, de två punkterna låg 40 meter från den fysiska hållplatsstolpen, vilken informerar om vilka linjer som stannar vid hållplatsen. Tidtagaren startades när bussens front anlände vid punkten före hållplatsen och avslutades när första dörren öppnades. Klockan startades sedan igen när sista dörren stängdes, och avslutades när bussens bakdel passerat vid punkten efter hållplats. Avståndet på 40 meter uppmättes genom att samma person gick 50 steg. Detta är en ungefärlig mätning vilket är en eventuell felkälla i resultatet.

Mätningarna genomfördes under tre tillfällen: torsdagen den 18 mars 2021, måndagen den 22 mars 2021 samt tisdagen den 23 mars 2021. Mätningarna pågick under 60 minuter och genomfördes under både hög- och lågtrafik vid varje hållplats för att fånga in påverkan av övrig trafik. Mätningarna gjordes i båda riktningarna vid respektive hållplats. Även bussar på övriga stadsbusslinjer som trafikerar de valda hållplatserna ingick i studien för att få ett större underlag. Linjerna som ingick i studien var, förutom MalmöExpressen, linje 3, linje 31 och linje 32. Totalt ingick 192 turer i studien, där varje buss stod för en mätning vid inkörning och en mätning vid utkörning (totalt 384 mätningar). Antalet studerade bussar per hållplats är ej jämnt fördelat, då både antalet linjer som trafikerar respektive hållplats skiljer sig åt, och antalet bussar som stannar respektive passerar är olika beroende på om någon ska stiga av eller på.

Hållplatserna som ingått i studien samt vilka tider mätningarna genomfördes redovisas i Tabell 1. Mer ingående information om respektive hållplats beskrivs i resultatavsnittet 5.7 *Hållplatsutformning*.

Tabell 1. De undersökta hållplatserna samt vilka tidpunkter som respektive mätning gjordes.

Hållplats	Mätning i högtrafik	Mätning i lågtrafik	Linjer som trafikerar hållplatsen
Malmö Dockan	Torsdag 18 mars 2021, 07:30-08:30	Måndag 22 mars 2021, 13:30-14:30	MEX,3
Malmö Studentgatan	Tisdag 23 mars 2021, 07:00-08:00	Måndag 22 mars 2021, 14:50-15:50	MEX,31,32
Malmö Stadshuset	Måndag 22 mars 2021, 16:00-17:00	Torsdag 18 mars 2021, 09:30-10:30	MEX,32
Malmö Folkets park (läge A och läge B)	Måndag 22 mars 2021, 17:05-18:05	Torsdag 18 mars 2021, 11:00-12:00	MEX

Av- och påstigning

För att studera hur antalet dörrar påverkar tiden det tar för samtliga passagerare att stiga av och på bussen mättes hållplatstiden för bussar med olika antal dörrar. Med hjälp av en tidtagare mättes tiden bussen stod stilla vid en hållplats. Tidmätningen startades när dörrarna öppnades och avslutades när dörrarna stängdes. Det totala antalet avstigande och påstigande räknades och en notering om hur många som valde respektive dörr gjordes. Mätningarna utfördes vid hållplats Anna Lindhs plats (läge B) då denna hållplats trafikeras av flertalet linjer, där antalet dörrar tillgängliga för av- och påstigning varierar, se Tabell 2. Mätningarna utfördes torsdagen den 18 mars mellan 13:00-14:30 och tisdagen den 23 mars mellan 08:15 och 09:15. Linjerna som ingick i studien var linje 2, linje 3, MalmöExpressen, linje 7 och linje 8. Totalt ingick 44 mätningar/bussar i studien, varav 33 av bussarna hade två dörrar och 11 av bussarna hade fyra dörrar.

Tabell 2. Undersökta linjer samt antalet tillgängliga dörrar för av- och påstigning på respektive linje.

Linje	Antal dörrar
2	2
3	2
MalmöExpressen	4
7	2
8	2

Tid för biljettvalidering

Scanningtiden studerades för att undersöka hur mycket tid som går åt till biljettvalidering. Tiden det tar för en passagerare att scanna sin mobilbiljett uppmättes genom att klocka enskilda valideringar ombord på bussen. Klockan startades när personen förde sin mobil mot valideringsmaskinen och tidmätningen avslutades när ”plinget” för godkänd validering avslutats. Då mätningen gjordes för att undersöka tiden för en enskild validering, gjordes ingen skillnad på om passagerarens biljett validerades vid påstigning när bussen stod still, eller om passageraren valde att validera biljetten efter att bussen börjat rulla. Ingen skillnad på busslinjer gjordes heller, då bedömningen är att det rent tekniskt inte finns någon skillnad mellan validatorer på olika linjer. I Tabell 3 kan samtliga mättillfällen utläsas, en notering bör göras om att under onsdagen den 10 mars 2021, mellan 08:30 och 11:00, gjordes några byten mellan MalmöExpressen och linje 7. Totalt genomfördes 60 mätningar, där majoriteten gjordes på linje 7.

Tabell 3. Linjer som ingått i studien samt tidpunkt för mättillfället på respektive linje.

Linjer	Mättillfälle
Linje 3	Torsdag 18 mars 2021, 14:30-15:00
MalmöExpressen	Onsdag 10 mars 2021, 08:30-11:00
Linje 7	Onsdag 10 mars 2021, 08:30-11:00
Linje 7	Onsdag 17 mars 2021, 07:30-11:00
Linje 7	Tisdag 23 mars 2021, 09:20-11:00

3.2.2 Qlikview

Skånetrafiken använder sig av verktyget Qlikview för att samla och presentera statistik över kollektivtrafiken de bedriver. Statistik över flertalet områden kan hittas i applikationen, men för fallstudien användes programmet endast för att studera hastighetsdata. I studien valdes hastighetsdata från september, oktober och november 2019. Under det gångna året (2020) rådde en pandemi som förändrade både det kollektiva resandet och det övriga resandet, och därför valdes 2019 eftersom det speglar ett resande under normaltillstånd. Hade istället data från 2020 valts skulle troligtvis hastigheterna ha varit högre. Endast vintermånaderna studerades eftersom det inte sker några större förändringar i resandet under denna period. På våren och sommaren kan resandet gå ner när fler cyklar, och under denna tidsperiod finns också fler lov och större sammanhängande ledigheter vilket påverkar resandet. Endast vardagar analyserades då trafiken ser annorlunda ut på helgdagar.

Genom att filtrera och kombinera olika parametrar kopplade till fordonsdata togs hastighetsdata mellan olika hållplatser, längs MalmöExpressen och linje 7, fram och exporterades från Qlikview till Excel. Extrema värden och vissa uppenbart felaktiga värden sorterades bort. Även hastigheter under 5 km/h och över den högst skyltade hastigheten på linjen rensades bort. Hastighetsdata från Qlikview användes för att göra en regressionsanalys, studera hastighetsfördelningen över dygnet, sambandet mellan hållplatsavstånd och medelhastighet, samt sambandet mellan genhet mellan hållplatser och medelhastighet.

Regressionsanalys

Hastighetsdata mellan hållplatser från Qlikview kombinerades med underlaget från kartläggningen över MalmöExpressen för att göra en regressionsanalys i Excel. Regressionsanalysen gjordes för att få en uppfattning om hur olika faktorer påverkar restiden, för att sedan kunna göra en djupare analys av de olika faktorerna. Restiden sattes som den beroende variabeln (y), och som oberoende variabler (x_n) sattes: övergångsställen, kombinerade farthinder och övergångsställen, cirkulationsplatser, signalreglerade korsningar, kollektivtrafiksignaler samt busskörfält. Först undersöktes de oberoende variabelernas korrelation i förhållande till varandra, för att undersöka om några var högt korrelerade. Är några variabler högt korrelerade till varandra, bör endast en av dessa variabler ingå i analysen. Ingen av variablerna var högt korrelerade till varandra och därför ansågs samtliga variabler relevanta för studien. Regressionen gjordes med metoden ”baklänges variabelselektion”. Regressionen kördes först en gång med samtliga oberoende variabler inkluderade. Därefter kördes regressionen om, där de oberoende variabler som inte kunde anses vara signifikanta (p -värde $> 0,05$) plockades bort. Både den första och andra regressionen gjordes för både en timme i högtrafik och en timme i lågtrafik. Detta för att kunna se om olika faktorer påverkar olika mycket i hög- respektive lågtrafik. Timmarna som valdes ut var mellan 16 och 17 (högtrafik) och mellan 21 och 22 (lågtrafik).

Hastighetsfördelning mellan hållplatser

För att se hur variationen i hastighet ser ut längs med MalmöExpressen och linje 7 plottades hastighetsfördelningen mellan hållplatser i ett diagram. Studien genomfördes även för att undersöka hur hastigheten på MalmöExpressen skiljer sig från en traditionell stadsbusslinje, dvs linje 7.

Hållplatsavstånd och medelhastighet

Hållplatsavståndet, dvs avståndet i meter mellan två hållplatser på linjen, plottades mot medelhastigheten för att undersöka om det finns något samband mellan avståndet och hastigheten. För att skapa representativa värden kategoriserades länkarna utefter den

skyltade hastigheten. I de fall det förekommer flera olika hastighetsgränser på en länk användes den hastighetsgräns som förekommer till störst del. Eftersom hastighetsbegränsningen 40 km/h förekommer i störst utsträckning har endast länkar med denna hastighetsbegränsning analyserats (plottats i diagrammet). I diagrammet anpassades en rät linje till punkterna och linjens ekvation infogades. Resultatet presenteras som skillnaden i medelhastighet om hållplatsavståndet ökar med 100 meter samt den genomsnittliga tidsbesparingen, i sekunder per 100 meter, om hållplatsavståndet ökar med 100 meter. Tidsbesparingen presenteras per 100 meter för att få ett mer greppbart värde. Alla hastighetsberäkningar är baserade på ekvationen för den anpassade trendlinjen. Skillnaden i medelhastighet beräknades enligt följande:

$$v = v_{n+1} - v_n$$

Den genomsnittliga tidsbesparingen i sekunder om hållplatsavståndet ökar med 100 meter beräknades genom att först ta fram tiden det tar för bussen att köra 100 meter baserat på varje hundratal meter (för 500, 600 och så vidare) mellan längst och kortast uppmätta hållplatsavstånd. Därefter togs skillnaden i körtid per 100 meter mellan två på varandra följande hundratal fram med hjälp av följande formel:

$$t_{1,2,\dots,n-1} = \frac{100}{\left(\frac{v_{2,3,\dots,n+1}}{3,6}\right)} - \frac{100}{\left(\frac{v_{1,2,\dots,n}}{3,6}\right)}$$

och till sist beräknades medelvärdet:

$$t = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}}{n - 1}$$

$$v = \text{medelhastighet (km/h)}$$

$$t = \text{tid (s)}$$

Svaret ger en fingervisning om hur hållplatsavståndet påverkar restiden och medelhastigheten. Resultatet visar inte vad skillnaden i restid och medelhastighet skulle bli om hållplatsavståndet ökade eller minskade med mer eller mindre än 100 m.

Genhet och medelhastighet

För att undersöka om det finns något samband mellan genhet och medelhastighet plottades hastigheten mot genheten mellan hållplatser för både MalmöExpressen och linje 7. Till punkterna anpassades en rät linje och linjens ekvation infogades i diagrammet. Genheten togs fram genom att dividera köravstånd med fågelavstånd. Genhetens påverkan på restiden beräknades genom att ta fram skillnaden i medelhastighet vid olika genhetstal samt tidsbesparingen som kan göras om genheten minskar med 0,1 inom spannet mellan högst och lägst uppmätta genhet. Alla beräkningar är baserade på ekvationen till trendlinjen som anpassades till mätvärdena och presenteras, precis som för studien över hållplatsavstånd, som tidsbesparingen per 100 meter. Skillnaden i medelhastighet beräknades enligt följande:

$$v = v_n - v_{n+1}$$

Därefter togs skillnaden i körtid per 100 meter mellan två på varandra följande genhetstal fram med hjälp av följande formel:

$$t_{1,2,\dots,n-1} = \frac{100}{\left(\frac{v_{1,2,\dots,n}}{3,6}\right)} - \frac{100}{\left(\frac{v_{2,3,\dots,n+1}}{3,6}\right)}$$

och till sist beräknades medelvärdet:

$$t = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}}{n - 1}$$

$v = \text{medelhastighet (km/h)}$

$t = \text{tid (s)}$

Svaret visar inte vad som skulle ske om genheten förändrades med mer eller mindre än 0,1, dock ger det en fingervisning om hur genheten påverkar restiden och medelhastigheten.

3.2.3 Flowmapper

Genom Flowmapper, som är ett program som presenterar insamlade körtidsdata, togs de punkter där MalmöExpressen uppnår lägst respektive högst medelhastigheter fram. Detta för att få en uppfattning om vilka punkter som generellt sätt bidrar till stor fördröjning, samt vilka åtgärder som leder till högre hastigheter. Denna studie över hastigheterna och fördröjningspunkterna längs med sträckan låg också till grund för de djupare analyser som gjordes i fallstudien. Flowmapper användes sedan för att analysera busskörfälts effekt på restiden och för att analysera hur mycket signalreglerade korsningar, cirkulationsplatser, farthinder och övergångsställen påverkar bussens fördröjning. Även data över alla linjer hämtades från Flowmapper för att jämföra hur medelhastigheten skiljer sig över dygnet för alla stadsbusslinjer i Malmö.

Flowmapper är ett relativt nytt program vilket gör att det endast finns data från september 2020 fram till idag (mars 2021). All data är alltså insamlad under tiden för pandemin och därför kunde endast denna statistik användas. Det kan ge delvis felaktiga värden eftersom resandet har sjunkit under pandemin. Precis som från Qlikview exporterades endast data från måndag till fredag för att avspgla ett så normalt resande som möjligt.

I Flowmapper kan samtliga stadsbusslinjer i Malmö hittas, både huvudlinjerna (linje 1–8) och pluslinjerna (linje 31–35). Varje linje är indelad i flertalet sekvenser där varje sekvens är 25 meter lång. Olika typer av data kan plockas ut för respektive sekvens, i detta fall har medelhastighet och passagetid använts. Flera sekvenser kan väljas ut samtidigt, verktyget tar då fram ett medelvärde för de sekvenser som valts ut. Sedan kan data exporteras och då delar programmet upp medelvärdet och presenterar detta för varje timme över dygnet.

Hastighetsfördelning över dygnet

Hastighetsfördelningen över dygnet ritades grafiskt i ett diagram för att se hur hastigheten på MalmöExpressen skiljer sig från hastigheten på Malmös övriga stadsbusslinjer. Alla huvudlinjer i Malmö (linje 1–8) ingick i detta moment, och medelhastigheter användes. Endast de timmar som bussen trafikerar under vardagar analyserades.

Busskörfält

För att studera busskörfälts effekt har medelhastigheter analyserats. De sekvenser som ansågs intressanta plockades ut och sedan exporterades medelhastigheternas fördelning över dygnet för de valda sträckorna. Totalt ingick åtta olika typer av sträckor i studien, och medelhastigheterna som analyserades kommer från MalmöExpressen, linje 7 och linje 32. Det var inte möjligt att hitta flera sträckor att jämföra på enbart MalmöExpressen och därför har fler linjer fått ingå i denna del av studien. I en del fall jämfördes sträckor med busskörfält i ena riktningen med blandtrafik i andra, och i vissa fall jämfördes två på varandra följande sträckor med busskörfält respektive blandtrafik. En del sträckor som studerats är längre och

andra kortare, detta för att både kunna isolera enskilda busskörfält och kunna se busskörfältens effekt i ett större perspektiv och hur avbrott påverkar effekten. En jämförelse gjordes sedan mellan medelhastigheterna och mellan fördelningen av medelhastigheterna över dygnet. Medelskillnaden samt den största och minsta skillnad studerades i kombination med under vilken tidpunkt skillnaden i medelhastighet är som störst. Till sist presenteras den eventuella tidsbesparing som kunnat göras om det snabbaste alternativet valts. Det redovisas som tidsbesparingen i sekunder per 100 meter för att lättare kunna jämföras och beräknades enligt följande:

$$t = \frac{100}{\left(\frac{v_1}{3,6}\right)} - \frac{100}{\left(\frac{v_2}{3,6}\right)}$$

$v = \text{medelhastighet (km/h)}$

$t = \text{tid (s)}$

Signalreglerade korsningar

För att beräkna hur de signalreglerade korsningarna påverkar restiden studerades passagetiden i Flowmapper. De sekvenser som passerar över korsningen och som har en högre passagetid än omkringliggande sekvenser antogs bero på retardation, stopp och acceleration på grund av trafiksignalen. Dessa sekvenser summerades sedan, och antalet av dessa sekvenser multiplicerades sedan med passagetiden för omkringliggande sekvenser (den uppskattade passagetiden om bussen inte hade behövt stanna i korsningen) för att kunna jämföra. Skillnaden mellan bussens passagetid i signalreglerade korsningar och den uppskattade passagetiden om signalen inte funnits, beräknades som den tid som är möjlig att spara om korsningar med trafiksignaler plockas bort eller om bussen får en tydlig prioritet. I de fall busshållplatsen låg i anslutning till korsningen var det svårt att urskilja vilken del av passagetiden som berodde på hållplatsstoppet och vilken del som berodde på signalregleringen. Därför genomfördes en separering mellan signalkorsningar utan intilliggande busshållplatser och signalkorsningar med närliggande hållplatser. Observationerna gjordes för både MalmöExpressen och linje 7 och en uppdelning gjordes mellan vanliga signaler och kollektivtrafiksignaler. Det är mer osäkra värden för de svängande fordonen än för fordonen som kör rakt fram, då det inte fanns någon bra jämförelsesväg utan ljus och korsande fordon att använda för MalmöExpressen. Därför användes främst den som hittades på linje 7 (mellan Citadellsvägen och Skeppsgatan) vilket kan vara felaktigt för MalmöExpressen då detta fordon är större och tyngre vilket troligen ger en försämrade accelerationsförmåga. Totalt ingick 31 signalreglerade korsningar av olika typ i studien.

Cirkulationsplatser

När cirkulationsplatsernas påverkan på fördröjningen skulle beräknas användes samma princip som för de signalreglerade korsningarna. De sekvenserna med en längre passagetid plockades ut och summerades. Sedan mättes avståndet som bussen skulle ha kört om cirkulationsplatsen varit en vanlig vägsträcka istället med hjälp av mätverktyget i Google Maps, och avståndet multiplicerades sedan med den omkringliggande passagetiden. Den verkliga passagetiden subtraherades sedan med den uppskattade passagetiden om cirkulationsplatsen inte funnits, och skillnaden beskriver den möjliga tidsbesparingen. I de fall det låg en hållplats i anslutning till cirkulationsplatsen gjordes en uppskattning av den förväntade utkörnings- eller inkörningstiden genom att studera passagetiden i motsatt riktning. Totalt ingick fem cirkulationsplatser i studien, placerade längs antingen MalmöExpressen eller linje 7.

Farthinder och övergångsställen

För att beräkna farthinder och övergångsställens effekt på restiden genomfördes liknande studier som för de signalreglerade korsningarna och cirkulationsplatserna. På de platser där effekten av övergångsställen och farthinder kunde isoleras studerades passagetiden närmre. De sekvenser där bussen har sänkt hastighet plockades ut och jämfördes med den passagetid som bussen haft om den kunnat hålla samma hastighet som innan och efter hindret. Skillnaden beräknades och storleken av denna antogs bero på övergångsstället eller farthindret. En uppdelning mellan farthinder, övergångsställen och kombinerade farthinder och övergångsställen gjordes för att se om det finns någon skillnad i deras påverkan på fördröjningen. Studien genomfördes för både MalmöExpressen och linje 7. Totalt ingick 32 övergångsställen, 2 farthinder och 13 kombinerade övergångsställen och farthinder i studien. I de fall två övergångsställe låg i nära anslutning till varandra, och ingen separat påverkan kunde utläsas, gjordes en sammanslagning av de två övergångställena till ett gemensamt övergångsställe. Därav är de i resultatdelen, 5.15 *Farthinder och övergångsställen*, benämnda som 1 styck om det är ett enskilt övergångsställe, och som 2 styck om det är en sammanslagning av två övergångsställen.

4 Litteraturstudie

Många städer i Sverige har hämtat inspiration från BRT-systemen till stadens busslinjer för att skapa attraktiva busslinjer med hög prioritet. Få är dock fullfjädrade BRT-system och delar endast vissa karaktärsdrag med de fullt utvecklade systemen i Sydamerika och Asien (Andersson, Gibrand och Kottenhoff 2009). För att minska restiden med kollektivtrafik kan aspekter från BRT-systemen även appliceras på vanliga stadslinjer för att förkorta restiden.

Ibland är det inte möjligt att skapa fullfjädrade BRT-system (Bus Rapid Transit) eller välutvecklade BHLS-system (Buses with a High Level of Service) och i vissa fall ska endast vanliga stadsbusslinjer förbättras. Då kan det vara viktigt att veta vilka faktorer som påverkar fördröjningarna mest och vilka åtgärder som är mest effektiva. Därför kommer i detta kapitel först olika fördröjningar och deras effekt att beskrivas och sedan kommer eventuella åtgärder och deras effekt att beskrivas.

4.1 BRT-systemets historia

Runt om i världen väcktes under 1970-talet ett intresse av att bygga kollektivtrafiksystem med hög kapacitet, god service och kort restid. I USA gjordes flertalet försök, men dessa blev ofta motarbetade av förespråkare av biltrafik (Vuchic et al. 1994). Det var inte förrän på 1990-talet system, som kan liknas vid dagens BRT, började att implementeras i Nordamerika (Levinson, Zimmerman, Clinger & Rutherford 2002). Ett BRT-system som benämns som ett av de mest lyckade i världen och som står sig än idag, drygt 40 år senare, är BRT-systemet i staden Curitiba i Brasilien. Faktorer som bidragit till att systemet fortfarande är välfungerande är bland annat att det fanns en integrerad planering av trafik och markanvändning och ett engagemang från politikerna, samt att det fanns ett stort fokus på teknik, kontinuitet och innovation vid introducerandet (Lindau, Hidalgo & Facchini 2010).

BRT-system kan delas in i olika nivåer med avseende på hur fullt utbyggt det är. Det enklaste BRT-systemet innebär generellt att bussen har högre hastighet än en vanlig buss, har längre hållplatsavstånd och blir prioriterad i korsningar. Ett fullt utbyggt BRT-system har dessutom full separation från övrig trafik och ingen biljettvalidering ombord; det är med andra ord ett system som kan likställas med en metro eller tunnelbana (Levinson, Zimmerman, Clinger & Gast 2003).

Europeiska städernas stadsuppbyggnad skiljer sig ofta från amerikanska städernas. Europeiska städer är ofta täta och avstånden är relativt korta, medan amerikanska städer ofta har långa avstånd och är tydligt funktionsuppdelade. Skillnaderna i stadsuppbyggnad nämns som en av anledningarna till att få fulla BRT-system kan hittas i Europa och endast vissa karaktärsdrag kan ses i systemen. Satsningar på BRT-inspirerade bussystem i Europa benämns ofta som BHLS-system. De största skillnaderna mellan BRT och BHLS är att BHLS i lägre utsträckning är fullt separerad från övrig trafik. I BHLS-system delar ofta bussarna de reserverade körfälten med andra transportfunktioner, som exempelvis taxi och godstransporter. Den främsta anledningen till detta är att det är trångt i europeiska städer och att skapa fullt separerade körbanor för buss skulle ge stora störningar i övrig trafik, samt

kunna skapa stora barriärer i den ”lilla” staden. En annan skillnad är att avstånden som varje resenär i Europa reser är generellt kortare än i Amerika och därför prioriteras hög kapacitet för stående passagerare i högre utsträckning i BHLS-system (Finn, Hedebaut, Rabuel & Rambaud 2010). Enligt Hidalgo & Muñoz (2013) kan BHLS-system ses som ett mellanting mellan vanliga bussar och högkvalitativa BRT-system.

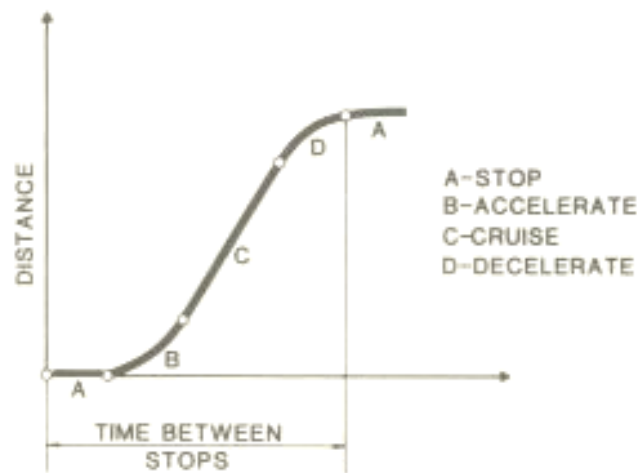
4.2 Fördröjningar

När bussen färdas längs sin linje kan den totala restiden delas in i följande tider: körtid, hållplatstid och stopptid (den övriga tid, utöver hållplatstid då bussen är tvungen att stanna). Den totala restiden fördelar sig enligt följande:

- Körtid: 55–80 %
- Hållplatstid: 15–25 %
- Stopptid: 3–16 %

(SKL & Trafikverket 2015).

Levinsson (1983) beskriver i Figur 3 komponenterna som påverkar restiden med kollektivtrafik. Dessa komponenter är involverade vid både planerade hållplatsstopp och oplanerade stopp, exempelvis vid köbildning. Det innebär att bussen endast färdas i jämn hastighet (cruise) en del av tiden.



Figur 3. Komponenterna vilka påverkar restiden (Levinson 1983).

Generellt är det, precis som Figur 3 visar, bussens acceleration och retardation som påverkar restiden och färdhastigheten negativt. Andersson, Ljungberg, Hammarström och Wendle (1998) nämner att för att en inbromsning och acceleration ska vara bekväm för resenärer, bör en retardationshastighet ligga mellan 0,6 och 1,2 m/s² och en accelerationshastighet bör ligga mellan 0,75 och 1,2 m/s² i kollektivtrafiken. Då retardation och acceleration är en funktion av hastigheten, tas längre tid i anspråk för retardation och acceleration vid högre hastigheter (Wendle 1997).

Det finns många fördröjningspunkter i stadsbusstrafiken och tillsammans har de en betydande påverkan på restiden (SKL & Trafikverket 2015). De fördröjningar som i studien

studerats närmare är de som uppstår på grund av korsningar, farthinder, övrig trafik, och hållplatsstopp samt vilken utsträckning linjesträckningen samt avståndet mellan hållplatserna påverkar restiden.

4.2.1 Korsningar

En korsning där bussen inte är prioriterad gör att bussen måste samsas med övrig trafik vilket påverkar bussens hastighet och restid. Följande korsningar är vanligt förekommande: stopplikt, väjningsplikt, cirkulationsplats och signalreglerad korsning.

Stopplikt

Vid en stopplikt måste bussen, precis som alla andra fordon, sänka sin hastighet till stillastående. Tyngre fordon påverkas i större utsträckning av stopplikt än vanliga personbilar, eftersom tyngre fordon har en sämre retardations- och accelerationsförmåga. En längre acceleration och retardation krävs också för att passagerarna ska uppleva färden som bekväm. Uppskattningsvis ger en korsning med stopplikt en fördröjning på mellan 5 och 15 sekunder för en buss och detta beror främst på bussens sämre accelerationsförmåga. Dock påverkas fördröjningen även i hög grad av den övriga trafiken (Andersson et al. 1998).

Väjningsplikt

Vid en väjningsplikt måste bussen, till skillnad från vid en stopplikt inte stanna. Är det dock mycket trafik eller dålig sikt kan så bli fallet ändå. Tiden det tar att passera genom en korsning med väjningsplikt påverkas i hög grad av flödet på huvudgatan och fördröjningen kan vid mycket trafik bli väldigt stor (Andersson et al. 1998). Eftersom restiden i hög grad påverkas av mängden trafik på platsen finns det inget nyckeltal att använda för jämförelse. Precis som vid stopplikten påverkar bussens försämrade acceleration och retardation förmågan att snabbt ta sig igenom korsningen (Palm 2013).

Cirkulationsplats

Idag anläggs allt fler cirkulationsplatser eftersom denna utformning är billig, har hög kapacitet och god trafiksäkerhet. Det är dock svårt för bussen att ta sig igenom cirkulationsplatsen vilket gör att den tappar tid gentemot bilen. Även komforten för passagerarna påverkas negativt av alla svängar som cirkulationsplatsen ger upphov till (Linderholm 2001). Utan att ta hänsyn till övrig trafik, utan endast accelerationer och retardationer på grund av korsningens utformning, har Andersson et al. (1998) kommit fram till att fördröjningen i cirkulationsplatser är mellan 3 och 9 sekunder för bussar vid en rondellradie på 13 meter. Det ska dock poängteras att cirkulationsplatser kan se väldigt olika ut, radierna kan skilja sig åt, de kan ha olika många körfält och rondellen kan även vara överkörningsbar för tung trafik.

Signalreglerad korsning

Wendles (1997) studie över fördröjningarna i Lunds stadsbusstrafik visade en fördröjning i signalreglerade korsningar på mellan cirka 22 och 30 sekunder. Trafikverket (2019) beskriver i sin rapport om effektsamband för transportsystemet att bussens väntetid vid trafiksignaler är markant. Signalreglerade korsningar leder dock inte endast till ökade körtider utan även till försämrad punktlighet. Studier genomförda i Sverige visade att 70–80 % av alla förseningar i busstrafiken berodde på signalreglerade korsningar och den väntetid som uppstod (SKL och Trafikverket 2012).

4.2.2 Farthinder

Farthinder används för att sänka de motordrivna fordonens hastigheter och så även bussens. Emellertid påverkas bussens hastighet i större utsträckning än bilens (SKL och Trafikverket 2012). Andersson et al. (1998) beskriver en studie genomförd i England och Sverige som visade att bussars restid påverkades i dubbelt så stor utsträckning jämfört med personbilar, vilka hade en fördröjning på 5–15 sekunder. I Sverige är det vanligaste farthindret det så kallade Wattska guppet (även kallat cirkulärt gupp) och denna utformning belyser problematiken av bussar och bilar olika förutsättningar. Bilar kan passera farthindret i en hastighet av mellan 25 och 30 km/h medan bussen måste sänka sin hastighet till cirka 15 km/h för att på ett bekvämt sätt kunna passera (Skånetrafiken 2000). Den stora fördröjningen beror delvis på bussens sämre accelerations- och retardationsförmåga och delvis på bussens sämre komfort (Andersson et al. 1998; Gårder 1982). Obehaget för passagerarna i en buss är större än obehaget i en personbil, vilket bidrar till att bussen måste hålla en lägre hastighet än personbilen över farthindret. I en buss finns det också eventuellt stående passagerare och äldre som i högre grad påverkas av obehaget från farthindren vilket kräver ytterligare sänkta hastigheter (Gårder 1982). Utöver farthindrens påverkan på restiden bidrar hindren också till en försämrad arbetsmiljö för yrkesförarna och även detta är ett problem som måste tas hänsyn till (Trafikverket 2014).

4.2.3 Övrig trafik

När bussar framförs i vanlig trafik uppstår fördröjningar på grund av den omkringliggande trafiken. Detta syns både i korsningar och på länkar, och problemet är som störst i de centrala delarna av staden (SKL & Trafikverket 2012). Även utan trängsel orsakad av övrig trafik har bussen en lägre hastighet än biltrafiken. Andersson et al. (1998), beskriver studier som gjorts över skillnaden i hastigheter mellan biltrafiken och busstrafiken, och dessa visar att bilarnas hastighet är mellan 1,4 och 1,6 gånger högre än bussens.

Det är inte endast bilar som påverkar bussens restid, även cyklisterna och fotgängarna påverkar restiden. Ofta finns övergångställen längs med sträckan vilket kan göra att bussen måste stanna för de trafikanter som ska passera över. Pals (2013) studie över fördröjningspunkter i stads- och regionbusstrafiken i Lund visade att obebakade övergångställen hade en betydande påverkan på restiden. Författaren listade övergångställen som en av de främsta fördröjningspunkterna på länkarna. Vidare genomförde författaren en intervju med busschaufförer där de flesta ansåg att cyklister är oförutsägbara och svåra att upptäcka. I de fall det saknas cykelbana kan cyklisterna tvingas köra i gatan vilket kan göra att busschaufförerna måste sänka hastigheten.

4.2.4 Genhet

Linjesträckningen har stor betydelse för restiden. En genare linjesträckning ger förutsättningar för en kortare restid (X2AB et al. 2015). Detta eftersom en genare linjesträckning ger kortare avstånd och högre färdhastighet då antalet tvära svängar, vilka sänker hastigheten, blir färre (SKL & Trafikverket 2012; SKL & Trafikverket 2015). Varje tvär sväng bedöms bidra till en fördröjning på mellan 3 och 8 sekunder (antaget en retardation och acceleration på $0,7 \text{ m/s}^2$) av den totala restiden (SKL & Trafikverket 2015). Kollektivtrafiken måste anpassas efter resenärerna och deras efterfrågan, och att endast planera gena linjer i ett system kan minska tillgängligheten för att nå en hållplats, vilket bidrar till att systemet inte möter marknadens behov. Därav bör inte enbart gena snabbare linjer finnas i ett system (Holmberg 2008).

4.2.5 Avstånd mellan hållplatser

Avståndet mellan hållplatserna har stor inverkan på hur hög hastighet bussen maximalt kan uppnå på respektive länk. Vilket avstånd som är optimalt beror på vilken skyltad hastighet som finns på respektive länk samt vilken färdhastighet som eftersträvas, det vill säga, det optimala hållplatsavståndet kan variera (K2, Statens vegvesen & Urbanet Analyse 2017; Nielsen et al. 2005). Avståndet har betydelse då det krävs ett visst avstånd för att en buss ska hinna uppnå en viss hastighet (från stillastående) innan bussen måste börja retardera inför nästa stopp. Ju längre tid bussen har möjlighet att färdas i konstant hastighet, desto större möjlighet att uppnå hög genomsnittshastighet mellan hållplatser. Avståndet är därför beroende av vilken hastighet som önskas uppnås, samt accelerations- och retardationshastigheterna (Vuchic 2007). Nielsen et al. (2005) hävdar att ett hållplatsavstånd kortare än 550 meter, aldrig kommer att ge färdhastigheter över 30 km/h. Hållplatsavståndet har också en påverkan på hur lång sträcka resenären får till hållplatsen, vilket gör att ett långt avstånd mellan hållplatser kan försämra tillgängligheten för resenären. En sämre tillgänglighet kan leda till minskad konkurrenskraft för bussen (Nielsen et al. 2005).

4.2.6 Hållplatsstopp

Beräkningar visar att under ett omlopp står bussen still vid hållplatser under 20% av tiden (Andersson et al. 1998). SKL och Trafikverket (2015) hävdar att denna siffra ligger mellan 15 och 25%, men anser att den i rusningstrafik kan vara upp emot 30%. SKL och Trafikverket (2015) refererar till Wendle (1997), och skriver att en genomsnittlig fördröjning på 24 - 32 sekunder sker vid varje hållplatsstopp. Att stanna vid hållplats är förstås ett måste, men att minimera tiden vid hållplats är en möjlig åtgärd för att minska restiden (Andersson et al. 1998).

När en buss stannar vid hållplats är det tre komponenter som är orsaken till att färdhastigheten sänks: retardation inför stopp, stillaståendetid och acceleration ut från stopp (Xiaodong, Yao, Meng & Andreas 2017). I en studie gjord av Ahrin et al. (2016) visas en signifikant skillnad mellan stillaståendetid vid hållplats och den totala tidsförlusten vid hållplatsstopp. I stillaståendetid inkluderas tiden för av- och påstigning samt öppning och stängning av dörrar, medan i den totala tidsförlusten inkluderas även faktorer såsom fördröjning av retardation och acceleration samt fördröjning på grund av övrig trafik. Resultatet av studien är användbart för att förstå att flertalet faktorer spelar roll för hållplatstiden, och att tidsbesparande åtgärder skulle kunna göras på flera punkter.

Faktorerna som bidrar till att tid tas i anspråk vid hållplatser kan delas upp i två kategorier: av- och påstigning vid hållplats samt hållplatsutformning. Av- och påstigning vid hållplats påverkar den stillaståendetiden, medan hållplatsutformningen främst påverkar in- och utkörningstiden.

Av – och påstigning vid hållplats

Enligt Transportation Research Board (2003) är det huvudsakligen fem faktorer som påverkar tiden det tar för passagerare att stiga av och på bussen.

- Antalet passagerare som stiger på bussen genom den dörr som flest påstigande använder, tillsammans med antalet passagerare som stiger av bussen genom den dörr som flest avstigande använder.
- Vilken betalmetod som används.
- Om hållplatsplattformen och bussens golv är i samma nivå.

- Antalet stopp längs linjen. Ju färre stopp längs linjen desto fler påstigande vid respektive stopp. Ett ökat antal stopp bidrar dock till större tidsåtgång för accelerationer och retardationer.
- Trafikantcirkulationen. Ju högre fyllnadsgrad, desto längre tid tar cirkulationen av trafikanter. Detta då det kan ta längre tid att hitta en ledig plats eller komma åt betalstationen.

Wendle (1997) menar att den främsta faktorn som påverkar hållplatstiden är antalet av- och påstigande passagerare. Guenther och Sinha (1983) hävdar även de att antalet av- och påstigande spelar en stor roll, men belyser problematiken med att anta att varje av- och påstigning tar lika lång tid. Som ett exempel på detta nämns skillnaden i fysisk förmåga hos varje individuell passagerare.

En stor bidragande faktor till varför påstigningstiden varierar, är även tiden för hanteringen av färdbevis (Gunther & Sinha 1983; Transportation Research Board 2003; Wendle 1997). Olika metoder för hantering av färdbevis har olika tidsåtgång. Enligt Wendle (1997) tar en enskild påstigning mellan 1,7 och 2,5 sekunder om resan betalas med ett smartkort. Enligt Transportation Research Board (2003) är denna siffra något högre; varje påstigning med smartkort antas ta mellan 3,0 och 4,2 sekunder beroende på hur valideringstekniken är uppbyggd. Metoder som var vanligare förr, exempelvis köp av biljett hos förare med kontanter, har ungefär dubbelt så långa hanteringstider som smarta kort (Wendle 1997). Även en del länder, bland annat Sverige, har infört möjligheten att köpa biljett via applikationer för smartphone. Biljetter köpta i app behöver fortfarande valideras, exempelvis med en QR-kod som scannas (Tuveri et al. 2019).

Hållplatsutformning

Utformningen av hållplatsen har också en påverkan på tiden som går åt vid hållplatsstopp (SKL & Trafikverket 2012), då utformningsgeometrin av hållplatsen påverkar tiden det tar att angöra hållplatsen. Ytterligare en faktor som fördröjer hållplatsstoppet är om bussen måste väja ut från hållplatsen, på grund av att övrig trafik inte alltid lämnar företräde (Nielsen et al. 2005). Baserat på resultat av Wendle (1997) skriver Trafikverket och SKL (2015) att accelerationer och retardationer inför stopp bidrar till en tidsåtgång mellan 8 och 12 sekunder.

4.2.7 Sammanställning

I Tabell 4 visas en sammanställning över de fördröjningspunkter som tagits upp i litteraturen. Dess påverkan på fördröjning, hastighet eller restid (beroende på vad litteraturen tagit upp) beskrivs för varje typ av fördröjningspunkt. Till en del fördröjningspunkter finns även en kommentar, för att förtydliga siffrorna.

Tabell 4. Sammanställning av samtliga fördröjningspunkter som tagits upp i litteraturen.

	Fördröjning	Kommentar
Korsningar		
Stopplikt	5–15 sekunder	
Väjningsplikt		Beror i hög grad på mängden trafik
Cirkulationsplats	3–9 sekunder	
Signalreglerad korsning	22–30 sekunder	
Farthinder	10–30 sekunder	Bussen kan passera i 15 km/h
Övrig trafik		
Linjesträckning	3–8 sekunder	Fördröjningen för varje tvärsväng
Avstånd mellan hållplatser		Ett hållplatsavstånd kortare än 550 meter ger aldrig färdhastigheter över 30 km/h
Tid vid hållplatsstopp	24–32 sekunder	15–30 % av den totala restiden
Av- och påstigande vid hållplats	1,7–4,2 sekunder/påstigande	Betalning av resan sker med ett smartkort
Hållplatsutformning	8–12 sekunder	För retardation och acceleration

4.3 Åtgärder

SKL och Trafikverket (2015) beskriver att den konventionella busstrafiken har problem som delvis skulle kunna lösas med åtgärder som ger en snabbare och bekvämare resa, samtidigt som regulariteten förbättras och fordonen utnyttjas effektivare. Vidare beskriver författarna följande lösningar för att uppnå detta: genare linjedragningar, minskning av antalet hållplatser och förkortade hållplatsstopp, prioritering i korsningar samt separering från övrig trafik.

Ett verktyg som kan användas vid planering av BRT-linjer i Sverige togs 2015 gemensamt fram av experter inom branschen och fick namnet *Guidelines för attraktiv kollektivtrafik med fokus på BRT*. Verktyget ger information om vilka åtgärder som skulle öka kollektivtrafikens attraktionskraft, samt ger förslag på en bedömningsmodell som kan användas för att utvärdera hur väl BRT-kraven uppfylls (X2AB et al. 2015). Även då denna bedömningsmodell är tänkt att fungera i ett svenskt perspektiv, är kriterierna baserade på internationella lösningar och exempel. Därför gjorde Obacke (2018) en djupare analys av denna bedömningsmodell och gav förslag på hur bedömningskriterierna skulle kunna utvecklas för att bättre anpassas till svenska förutsättningar.

Till de problem som beskrivits i avsnitt 4.2 *Fördröjningar* finns det ett antal möjliga lösningar. De lösningar som studerats närmare är hur korsningsutformningen kan förbättras och eventuellt ge bussen prioritet, hur farthinder kan utformas på ett sätt som i lägre utsträckning påverkar bussens hastighet samt busskörfält och genare linjesträckning. Även hur avståndet mellan hållplatser kan förlängas samt hur tiden vid hållplatsstopp kan förkortas har studerats.

4.3.1 Korsningar

Korsningarnas utformning påverkar hur lätt alternativt svårt det är att genomföra en prioritering av kollektivtrafiken. De två typer av korsningar som kan prioritera kollektivtrafiken är signalreglerade korsningar och cirkulationsplatser.

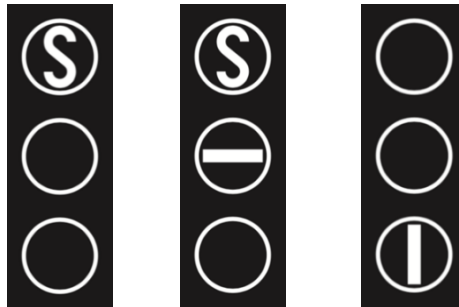
Signalreglerad korsning

Signalreglerade korsningar är vanliga när ett starkt kollektivtrafikstråk ska skapas, då det är lättare att prioritera bussen i dessa korsningar (Andersson et al. 1998). En bättre framkomlighet ger en minskad restid vilket gör signalprioritering till en bra metod i signalreglerade korsningar (X2AB et al. 2015).

Det finns olika aspekter att ta hänsyn till vid signalprioritering i en korsning. Andersson et al. (1998) delar in signalprioriteringen i en aktiv del och en passiv del varav den passiva delen handlar om hur utformningen ska se ut och den aktiva delen handlar om hur detekteringen ska ske. En analys över hur många körfält som krävs samt om något av dessa ska vara ett busskörfält behöver utvärderas. För att trafiksignalerna sedan ska kunna upptäcka och prioritera bussen krävs någon form av detektering och det finns främst tre olika typer att välja mellan. Den första är amplitudselektiva detektorer vilken känner igen vilket typ av fordon som närmar sig och ger bussen prioritet. Det andra är en slinga i marken under körfältet och den tredje är ett GPS-system där bussen sänder ut signaler när den närmar sig (Kronborg 2011). Signalprioriteringen kan sedan genomföras på tre olika sätt, varav den första innebär att när det är grönt kan den pågående fasen förlängas så att bussen hinner förbi korsningen. Den andra formen går ut på att korsningen töms på övriga fordon genom att tvårfasen förkortas, denna metod kräver dock att bussen signalerar sin ankomst i god tid.

Den sista formen av prioritering innebär att en särskild, kort fas läggs in när bussen anmäler sin ankomst (Andersson et al. 1998).

Det finns speciella trafiksignaler endast avsedda för kollektivtrafik och dessa kallas kollektivtrafiksignaler. Deras funktion och utformning finns beskrivet i 3 kap. vägmärkesförordningen (SFS 2007:90). Enligt 12 § ska den bestå av ett S, ett lodrätt streck och ett vågrätt streck, se Figur 4. S har samma betydelse som röd signal vid en klassisk signal och lodrätt streck har samma betydelse som grön signal. Vidare, enligt 9 § gäller en kollektivtrafiksignal endast fordon i linjetrafik och spårvagn. I de fall kollektivtrafiksignalen placeras i körfält eller körbana som är avsedd för linjetrafik gäller den för alla de fordon som får framföras i fältet.



Figur 4. Kollektivtrafiksignalens tre faser (Transportstyrelsen 2009).

Brilon och Laubert (1994) har i en studie i Tyskland undersökt effekten av olika åtgärder för att minska fördröjningarna i kollektivtrafiken. Resultatet visade att trafiksignaler stod för cirka 10 % av bussens totala fördröjning och efter införandet av signalprioritering minskade denna siffra till 2–3%. En studie genomförd på Kungsholmen i Stockholm visade en minskning av den totala restiden med 10 % efter införande av signalprioritering (Kronborg & Davidsson 2004). Liknande studier från Oslo gav en restidsminskning på ungefär 5-10 % på hela linjesträckan (Trafikverket 2019). Tammergårds (2019) studie över prioritering i trafiksignaler visar att det är möjligt att minska bussens fördröjning i trafiksignaler till ungefär hälften. Det bör påpekas att olika former av signalprioriteringssystem kan ge olika resultat. Trafikverket (2019) anser att signalprioritering är en relativt billig lösning i de fall det redan finns ett modernt signalstyrningssystem, dock beror det också på vilken typ av metod som används. En bidragande faktor till de förkortade restiderna är bussens utgångsläge efter signalkorsningen. Signalprioritering ger bussen möjlighet att komma ut först i korsningen vilket sedan ger bussen fri väg. I de fall det finns ett buskörfält som går hela vägen fram till korsningen kan bussen köra förbi den eventuella bilkön (X2AB et al. 2015). Signalprioritering minskar inte endast restiden utan förbättrar även punktligheten och därmed även pålitligheten (SKL och Trafikverket 2012).

Cirkulationsplatser

Cirkulationsplatser i kollektivtrafikstråk kan vara ett problem eftersom denna utformning gör det svårt att ge bussen företräde (Kronborg 2011). Förutom att det är svårt att prioritera bussen i cirkulationsplatser ger denna utformning även passagerarna en sämre komfort. Bösch och Hansson (2010) menar att det är problematiskt när det finns cirkulationsplatser på sträckor där en prioriterad busslinje ska implementeras eftersom bussens sidorörelser bör begränsas. Det finns dock olika åtgärder som kan vidtas för att minska cirkulationsplatsernas påverkan på busstrafiken. Utformningen av cirkulationsplatsen och rondellen kan förbättras eller så kan signalprioritering införas. Signalprioritering vid cirkulationsplatser är relativt ovanliga. En studie som gjordes på två olika platser i Sverige, Jönköping och Göteborg, visar

att åtgärden ger vissa tidsvinster dock finns det andra studier som endast visar marginella restidsvinster. Skillnaden i resultat visar att förutsättningarna för signalprioritering i cirkulationsplatser varierar mellan olika platser (Linderholm 2001). Frøyland, Simonsen och Ristesund (2016) diskuterar två möjliga utformningsförslag dock innebär båda att bussen kör rakt fram i cirkulationsplatsen. Ska cirkulationsplatsen utformas med signalprioritering ska bussen ha separerat körfält hela vägen genom korsningen och bussen ska passera över rondellen. Det finns några generella svårigheter med att implementera signalprioritering i cirkulationsplatser, bland annat kan övriga trafikanter uppfatta situationen som förvirrande och reglerna mellan olika platser kan skilja sig åt, vilket kan göra det oklart för trafikanterna. Positiva aspekter av signalprioritering i cirkulationsplatser är dock förbättrad framkomlighet för busstrafiken och högre komfort för resenärerna (Linderholm 2001). I de fall signalprioritering inte är möjligt att implementera kan utformningen av cirkulationsplatsen förbättras för att passa bussens behov och förutsättningar. Vid vänstersvängar kan rondellen förskjutas åt vänster så bussens S-rörelse minskar vilket ökar resenärernas komfort. Ska bussen svänga höger kan ett separat körfält anläggas vilket ger bussen prioritet (Skånetrafiken 2000).

4.3.2 Farthinder

För att minimera farthindrens påverkan på bussarnas hastigheter är det fördelaktigt att placera hindren i anslutning till hållplatserna. Vid hållplatserna ska bussen sakta in vilket gör att effekten på restiden blir liten då antalet retardationer och accelerationer minskar (Gårder 1982). Författarna till *Kol-TRAST* (SKL & Trafikverket 2012) och Andersson et al. (1998) anser att farthinder inte bör anläggas på sträckor med högkvalitativ kollektivtrafik. Vidare menar Andersson et al. (1998) att en annan linjedragning bör övervägas i de fall farthindren anses nödvändiga. I de fall då det inte finns någon annan utväg kan alternativa farthinder anläggas med syfte att minska den negativa påverkan på yrkesförarnas arbetsmiljö och minimera fordonets accelerationer och retardationer.

Skånetrafiken (2000) har utvärderat några alternativa farthinder som är mer gynnsamma mot bussens hastighet, och dessa är: H-gupp, vägghåla och vägkudde och upphöjda korsningar. Utöver dessa finns det i Malmö även Malmögupp och Actibump. Det finns även horisontella åtgärder som kan användas för att minska fordonens hastigheter, vilka några kommer att diskuteras.

H-gupp

Ett H-gupp har en ramp upp mot förhöjningen och på grund av bussen bredare spårvidd skapas en längre ramp än den för vanliga personbilar. Farthindret gör det möjligt för både bussar och personbilar att passera i 30 km/h vilket gör att bussen inte tappar någon hastighet gentemot bilen (Skånetrafiken 2000).

Vägghåla

En vägghåla är utformad för att bussar och tyngre fordon ska kunna passera obehindrat medan personbilar är tvungna att köra ner i hålan. Farthindret påverkar inte bussens hastighet utan den kan fortsätta obehindrat förbi hålet (Skånetrafiken 2000).

Vägkudde

En vägkudde är en upphöjning i gatan som bussarna kan gränsla utan några större hinder medan bilen måste sänka sin hastighet för att passera över guppet. Bussen kan förväntas hålla en hastighet på mellan 25 och 30 km/h (Skånetrafiken 2000), vilket även bekräftas av Towliats (2001) studie som visade att bussens hastighet minskade med 18,5 km/h från det ursprungliga 44 km/h, alltså till ungefär 25 km/h.

Upphöjda korsningar

Upphöjda korsningar innebär att hela korsningen höjs upp, och ofta till samma höjd som omkringliggande trottoarer. Med en tillräckligt flack lutning skapas en bekväm miljö för busspassagerarna, dock minskar i så fall hindrets effekt på personbilarna. Andra åtgärder kan då krävas för att minska även bilisternas hastigheter, exempelvis ett avvikande beläggingsmaterial. Det är möjligt för en buss att passera farthindret med en hastighet av mellan 20 och 30 km/h (Skånetrafiken 2000).

Malmögupp

I Malmö finns ett speciellt farthinder kallat Malmögupp och detta består av en ramp upp till en plåtå med övergångsställe. Farthindret saknar en ramp ner från plåtån, istället lutar farthindret något och en tydlig anslutning till den ursprungliga nivån saknas. Einarssons och Brorsons (2020) studie över effekten av farthinder visade att bussar inte påverkas i högre utsträckning än bilar av Malmögupp, de kan alltså passera med en hastighet av 26 km/h på en 40-väg.

Actibump

Actibump är ett farthinder som endast skapar obehag för de förare som inte håller hastighetsbegränsningarna. När hastighetsgränsen överskrids faller en lucka ner i marken vilket skapar ett hål. Att passera detta hål skapar stort obehag vilket ger incitament för att följa hastighetsbegränsningarna (Edeva u.å). Einarssons och Brorsons (2020) studie visade att bussars hastighet inte påverkades av Actibump.

Horisontella åtgärder

Gatans utformning kan hjälpa till med att sänka trafikens hastigheter. En smalare gata inbjuder till lägre hastigheter och ett lugnare körmonster samtidigt som en god utformning inte påverkar bussens hastighet nämnvärt (Skånetrafiken 2000). På breda gator med bra sikt är hastigheterna betydligt högre i jämförelse med på smala gator med sämre sikt (SKL & Vägverket 2008). Enligt Skånetrafiken (2000) leder smalare gator till en förbättrad framkomlighet för bussen. Olika horisontella åtgärder kan också dämpa trafikens hastigheter. Svensson och Hedström (2003) har genomfört en litteraturstudie över hastighetsdämpande åtgärder och de menar att vertikala hastighetsdämpande åtgärder har utvecklats som ett resultat av de horisontella farthindrens negativa påverkan på bussens hastighet och komfort. De lyfter bland annat fram följande exempel på horisontella farthinder: chikaner, trafiköar och avsmalningar.

Sidoförskjutningar (även kallade chikaner) innebär att de passerade fordonen måste röra sig i sidled vilket tvingar förarna att sänka sina hastigheter (Trafikverket 2020). För att skapa sidorörelsen kan trafiköar placeras i körbanan. Problemet med sidoförskjutningar är dock att de påverkar bussen i högre utsträckning än biltrafiken samtidigt som S-rörelsen kan skapa en obekvämlighet för resenären (Skånetrafiken 2000). Västtrafik och Vägverket (2003) skriver i sin handbok att bussar och annan tung trafik behöver större plats i kurvorna vilket leder till den hastighetssänkande effekten för personbilarna minskar. Vidare ökar också risken för fallolyckor hos de stående passagerarna i bussen vilket ytterligare tvingar bussen att sänka sin hastighet.

Avsmalningar innebär att vägbanan smalnar av så att endast ett fordon kan passera i taget (Linderholm, Bengtsson & Backström 2006). Det är möjligt att låta två fordon passera samtidigt, dock går en stor del av hastighetssänkningen förlorad (Västtrafik & Vägverket 2003). Avsmalningar antas inte påverka bussens hastighet mer än bilens när det är fri väg. I de fall bussen måste stanna för mötande trafik bör bussens försämrade acceleration och retardation ge en ökad fördröjning. Detta bekräftas av Västtrafik och Vägverket (2003) som

ändå anser att avsmalning har lägre påverkan på bussens framkomlighet än traditionella farthinder (gupp).

4.3.3 Busskörfält

Det främsta syftet med busskörfält är att möjliggöra för bussen att hålla en jämnare hastighet och på så sätt minska restiden (Andersson et. al. 1998). Reserverade körfält leder även till ett jämnare körmönster vilket resulterar i minskade utsläpp av växthusgaser och en ökad komfort för resenärerna (Sjöstrand, Fält, Neergaard, Persson, & Indebetou 2014).

I ett busskörfält får endast bussar i linjetrafik framföras, med eventuella undantag för utryckningsfordon samt taxi-, moped- och cykeltrafik (SKL & Trafikverket 2012). Ett busskörfält kan anläggas på olika delar av gatan, antingen i mitten eller i körbanekanten, och placeringarna har olika fördelar. En placering i mitten av gatan gör det lättare att prioritera bussen i signalkorsningar, konflikten med parkerade bilar minskar och möjligheten till fysisk avgränsning ökar. En placering i körbanekant däremot gör att resenärerna vid hållplats inte behöver vänta mitt i gatan vilket resulterar i att utrymme sparas. Körfältet ska vara tydligt separerat från övrig trafik med hjälp av linjer och ska skyltas med vägmärke, se Figur 5. För att uppmärksamma övriga trafikanter ytterligare kan körfältet målas i en kontrasterande färg (SKL & Trafikverket 2012).



Figur 5. D10. Påbjudet körfält eller körbana för fordon i linjetrafik m.fl. (Transportstyrelsen 2008).

I rapporten *Guidelines för attraktiv kollektivtrafik med fokus på BRT* av X2AB et al. (2015) beskrivs fyra olika typer av busskörfält och dessa är: busskörfält utmed väg, virtuella busskörfält, reversibla busskörfält med trafikstyrning och motriktade busskörfält. Busskörfält utmed väg innebär att ett av körfälten i gatan är avsatt endast för bussar i linjetrafik och gaturummet delas med den övriga trafiken. Det virtuella busskörfältet möjliggör för övriga trafikanter att använda busskörfältet när det inte används av en buss i linjetrafik och denna utformning kan vara fördelaktig i de fall gaturummet är mycket begränsat. Varierar trafikens storlek i de olika riktningarna under dagen kan det vara fördelaktigt att använda sig av ett reversibelt busskörfält med trafikstyrning eftersom det då är möjligt att tidsbestämma körriktningen i körfältet. Den sista formen av busskörfält, motriktade busskörfält, finns på enkelriktade gator där bussarna har möjlighet att köra i båda riktningarna.

Det finns yttre faktorer som gör att bussen inte kan utnyttja busskörfältet till fullo. I de centrala delarna av staden är felparkerade bilar det främsta problemet och dessa gör att bussen måste ta sig ut i det vanliga körfältet. Utöver detta finns det även problem med att

trafik som får vistas i busskörfältet, exempelvis taxi och cykel skapar trängsel och drar ner hastigheten. Även personbilar som olovligen kör i busskörfältet är ett problem. I en del fall kan inte bussen hålla den skyltade hastigheten eftersom busskörfältet är för smalt och det är därför av stor vikt att de anläggs med tillräcklig bredd (Kronborg 2011).

För att ett busskörfält ska ge den största möjliga utdelningen är det fördelaktigt om de anläggs i de centrala- och halvcentrala delarna av staden. I dessa områden finns det största underlaget av resenärer vilket gör att investeringen och tidsbesparingen kommer fler till nytta. I tätorterna finns också de flesta busslinjerna vilket gör det möjligt för flera linjer att utnyttja samma busskörfält (Sjöstrand et al. 2014).

Linderholm (2001) har gjort en genomgång av tidigare studier om busskörfält och bussgator och dessa visade en restidsbesparing på mellan 5 och 50 %. Emellertid visade de nordiska studierna en lägre tidsbesparing, på mellan 5 och 35 %. Gemensamt är dock att de största effekterna av ett busskörfält kan ses under rusningstrafik. Surprenant-Legault och El-Geneidy (2011) har studerat hur restiden med buss förändras efter införandet av busskörfält i Montreal. Resultatet visade en minskning av restiden mellan 1,3 och 2,2 %. De uppskattar att den relativt lilla förändringen beror på att de bilar som ska svänga höger påverkar effekten av busskörfältet negativt.

En studie genomförd i Örebro visade att de införda busskörfälten inte gav några större restidsvinster. I detta fall genererade de nya busskörfälten en ökad trängsel bland bilisterna vilket gjorde att bussen fastnade i korsningarna (Andersson et al. 1998). Enligt Kronborg (2011) kan den minskade ytan avsedd för bilister leda till längre bilköer, vilket även bekräftas av Linderholms (2001) genomgång av tidigare studier. Bussens framkomlighet minskar vid mycket biltrafik i de fall busskörfälten inte är kontinuerliga vilket var fallet i Örebro. När busskörfältet börjar efter flaskhalsen fastnar bussen i bilkön och i de fall busskörfältet slutar innan flaskhalsen skapas ett ofullständigt utnyttjande av busskörfältet (Kronborg 2011).

4.3.4 Genhet

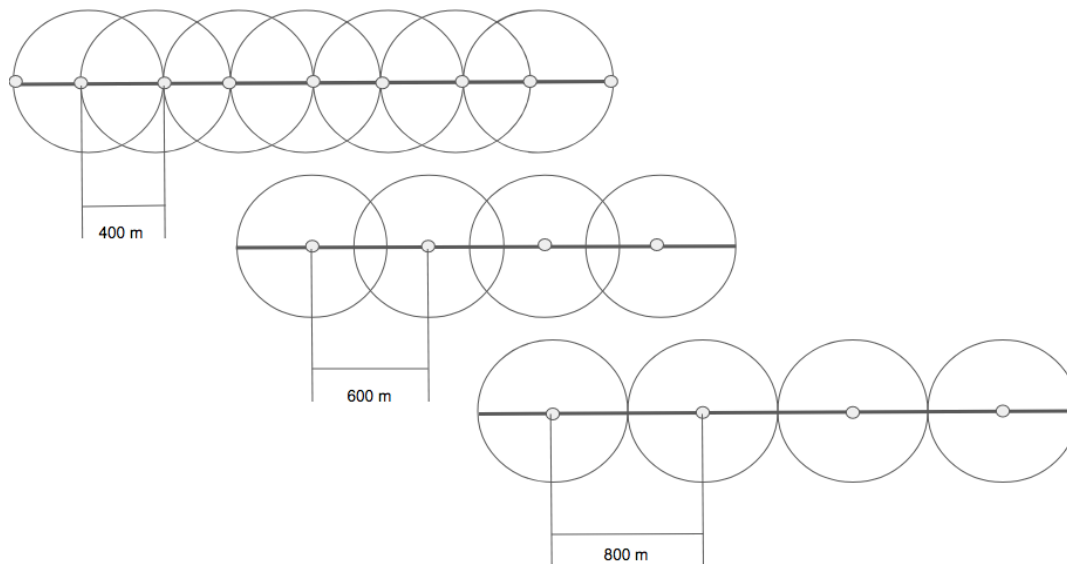
En god strategi för att utforma ett attraktivt kollektivtrafiksystem i staden, är att utforma stadens linjenätsstruktur genom en kombination av stomlinjer och yttäckande linjer (Nielsen et al. 2005). En stomlinje bör ha en gen linjesträckning, med låg restidskvot i förhållande till andra transportmedel, mellan attraktiva målpunkter. En yttäckande linje bör vara mindre gen, och i stället syfta till att öka tillgängligheten för personer som önskar ett kortare avstånd till hållplats men som kan tänka sig en längre restid ombord. Genom att kombinera dessa typer av linjer kan ett system som är attraktivt för hela befolkningen uppnås, samtidigt som förutsättningar för snabb kollektivtrafik ges. En god strategi för att uppnå ett sådant system är att först planera för stomlinjens sträckning, och sedan identifiera möjliga punkter längs sträckan som kan ses som knutpunkter. Därefter dras de yttäckande linjernas sträckning för att kunna ansluta till knutpunkterna (Holmberg 2008).

X2AB et al. (2015) skriver att en linjesträckning som är max 20% längre än fågelavståndet (genhet 1,2) mellan viktiga hållplatser, är en riktlinje för att stomlinjer i stadstrafik ska ses som högkvalitativa. Om en linjesträckning har maximalt 10% längre avstånd än fågelvägen (genhet 1,1) kan ett av kraven för att linjen ska klassas som BRT uppfyllas (X2AB et al. 2015). Odbackes (2018) bedömningsverktyg instämmer kring resonemanget, men menar vidare att 30% längre avstånd än fågelvägen (genhet 1,3) även kan ses som godtagbart.

4.3.5 Avstånd mellan hållplatser

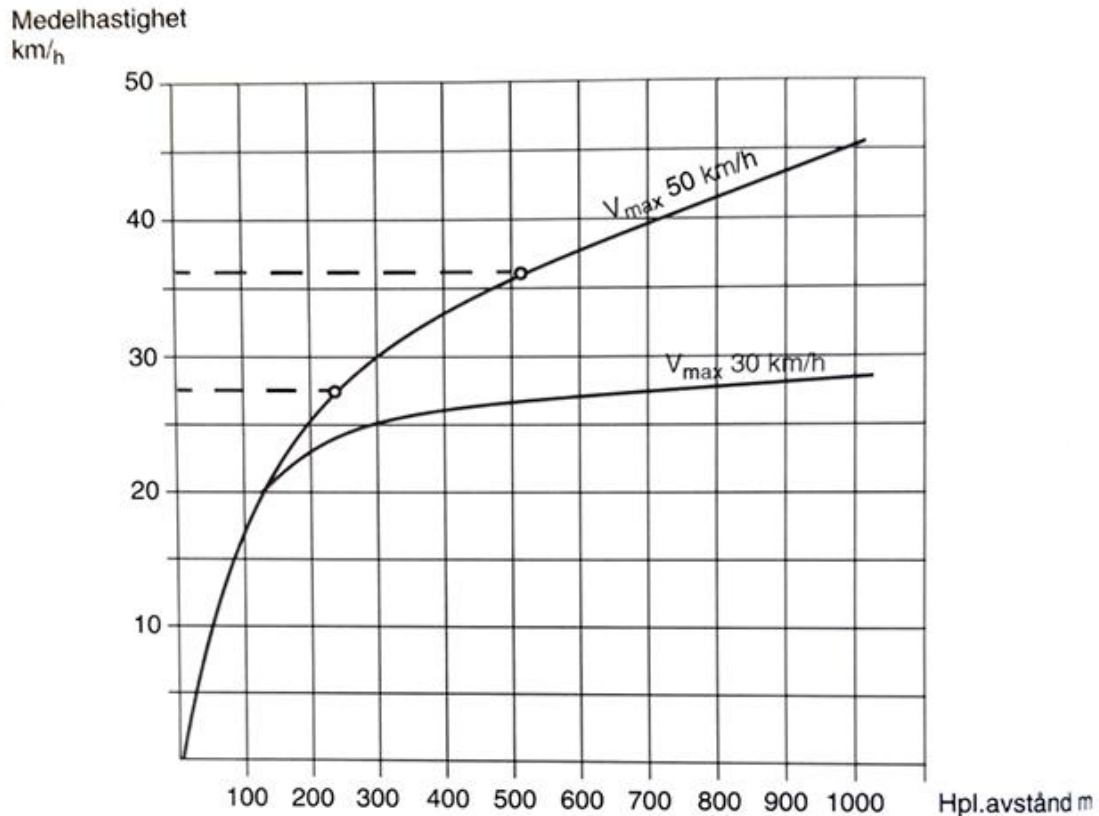
”Att öka avståndet mellan hållplatserna är troligtvis den åtgärd som skulle få störst effekt på stadsbussens framkomlighet” (Wendle 1997 s 89). Wendle föreslår därför, precis som K2, Statens vegvesen och Urbanet Analyse (2017), att i ett konkurrenskraftigt system bör stomlinjer med längre hållplatsavstånd kombineras med yttäckande linjer med större tillgänglighet.

Nielsen et al. (2005) menar att resenärens gångavstånd till en busshållplats i stadstrafik inte bör vara längre 400 meter, vilket kan likställas med en promenad på ungefär 5 minuter. Genom att omringa varje föreslagna hållplats med en radie på 400 meter, fås ett optimalt hållplatsavstånd på 800 meter, se Figur 6. En tydlig överlappning mellan cirklarna kommer att bidra till kraftigt reducerad färdhastighet. En knapp överlappning av cirklarna, skulle i områden med hög efterfrågan kunna ses som acceptabelt. Vid mellanrum mellan cirklarna uppstår en minskad tillgänglighet för resenären. Därför anser Nielsen et al. (2005) att ett hållplatsavstånd på mellan 600 meter och 800 meter är en god riktlinje för effektiv stadsbusstrafik. X2AB et al. (2015) föreslår däremot ett hållplatsavstånd mellan 400 meter och 500 meter, eller längre än 800 meter, som ett avstånd för högkvalitativa stomlinjer i stadstrafik. Ska ett BRT-system uppnås, föreslås mellan 500 meter och 800 meter som ett lämpligt hållplatsavstånd. Enligt Odbacke (2018) bör 90 % (75% kan anses godtagbart) av hållplatsavstånden längs en BRT-linje vara längre än 500 meter.



Figur 6. Schematisk skiss över tillgängligheten baserat på tre olika hållplatsavstånd (400 meter, 600 meter samt 800 meter). Inspirerad av Nielsen et al. (2005).

I Figur 7 kan hållplatsavståndets påverkan på färdhastigheten utläsas. V_{\max} beskriver den skyltade hastigheten, medan medelhastigheten beskriver vilken hastighet som uppnås.



Figur 7. Hållplatsavståndets (x) påverkan på vilken medelhastighet som uppnås (y) beroende på skyltat hastighet (V_{max}) (Holmberg 2008).

Enligt figuren går det att utläsa att hållplatsavståndet har större betydelse för färdhastigheten ju högre den skyltade hastigheten är. Som tidigare nämnts i denna rapport har även andra faktorer, såsom korsningsutformning och övrig trafik, påverkan på bussens färdhastighet. Av den anledningen är det viktigt med egna körbanor samt prioritet i korsningar för att effekten av ett optimalt hållplatsavstånd ska kunna utnyttjas till fullo (X2AB et al. 2015). Levinson (1983) ger ett exempel vilket visar att den teoretiska färdhastigheten en buss skulle kunna uppnå, med ett hållplatsavstånd på 1,6 km, ligger mellan 80 och 95 km/h. Men på grund av faktorer i trafikmiljön kommer den uppmätta färdhastigheten ligga mellan 48 och 56 km/h vid ett hållplatsavstånd på 1,6 km. Det bör också tilläggas att, ju högre hastighet bussen har desto större blir tidsåtgången för retardation och acceleration (Linderholm 2004).

4.3.6 Hållplatsstopp

Levinson (1983) menar att genom att minska tiden vid hållplatsstopp, tillsammans med att optimera avståndet mellan hållplatserna, skulle ge en större restidsbesparing än om endast infrastrukturmässiga lösningar längs linjen görs. Levinson (1983) beskriver studier gjorda i några av Nordamerikas största städer (1979 - 1980), vilka visar att i centrala områden är fördröjningarna vid hållplatsstopp större än fördröjningar i trafikstockningar.

Det finns flertalet faktorer som skulle kunna effektivisera stopptiden vid hållplatser och vidare kommer åtgärder vid av- och påstigning vid hållplats samt förbättrad hållplatsutformning studeras närmare.

Av- och påstigning vid hållplats

En av de vanligaste metoderna för att betala en kollektivresa i stadsmiljö är genom smartkort. Tidigare i rapporten nämndes att en påstigning där biljett köps eller valideras med ett smartkort tar mellan 1,7 och 4,2 sekunder (Transportation Research Board 2003; Wendle 1997). I en del länder har utvecklingen gått längre och idag finns det på en del platser möjlighet att köpa sin biljett via en mobilapplikation. Däremot kräver denna teknik fortfarande att biljetten valideras, dock skriver Tuveri et al. (2019) att denna teknik kan utvecklas ytterligare, förslagsvis genom automatisk validering via exempelvis Bluetooth. Detta hade gjort resan mer bekväm för resenären och tidsbesparingar vid hållplatser hade kunnat göras. Automatisk validering kan likställas med ett traditionellt system där biljett köps i förväg på station och inte valideras vid påstigning, vilket i studier har visat sig vara det mest effektiva systemet med avseende på påstigningstiden (Andersson et al. 1998). Enligt Transportation Research Board (2003) tar en påstigning, där biljett valideras utanför fordonet mellan 2,3 och 2,8 sekunder om påstigning görs i en dörr. Ökar antalet dörrar till 2 sänks tidsåtgången till 1,5 sekunder, och ökar antalet dörrar till 4 eller fler, bedöms tidsåtgången vara under en sekund. Även vid avstigning, kan sambandet mellan fler dörrar och lägre tidsåtgång ses.

X2AB et al. (2015) menar att antalet dörrar avsedda för avstigning respektive påstigning även spelar roll för hur snabbt cirkulationen av resenärer kan ske. Genom att tillåta av- och påstigning i fordonets samtliga dörrar, uppnås den kortaste möjliga tid för trafikantcirkulation (SKL & Trafikverket 2012). En förutsättning för att av- och påstigning kan ske i samtliga dörrar är dock att biljetter inte behöver köpas eller valideras hos föraren (Nielsen et al. 2005).

I Tabell 5 visas hur påstigningstiden, inkluderat hantering av färdbevis, varierar beroende på betalmetod samt hur många dörrar som är tillgängliga för påstigning. Tabellen visar även hur avstigningstiden varierar beroende på hur många dörrar som är tillgängliga för avstigning (Transportation Research Board 2003; Wendle 1997).

Tabell 5. Sammanställning över hur på- och avstigningstiden varierar baserat på vilken metod för biljettvalidering som används samt hur många dörrar som finns tillgängliga. Medelvärden visas inom parentes.

Metod/Dörrar	1	2	3	4
Påstigning med smartkort (s)	1,7 - 4,2 (3,0)			
Påstigning med biljettvalidering utanför fordon (s)	2,3 - 2,8 (2,6)	1,5 (1,5)	1,1 (1,1)	0,9 (0,9)
Avstigning (s)	2,1 - 3,3 (2,7)	1,2 - 1,8 (1,5)	0,9 - 1,5 (1,2)	0,7 - 1,1 (0,9)

Faktorer som vidare kan påverka den individuella på- och avstigningstiden är dörrutformningen, golvutformningen och möbleringen inuti bussen.

Vid val av dörrar finns tidsbesparande lösningar att överväga. Dörrar kan antingen vara utformade som en enkel- eller dubbeldörr. En dubbeldörr halverar av- och påstigningstiden jämfört med en enkeldörr. I Sverige har de flesta stadsbussar minst två dubbeldörrar,

enkeldörrar är vanligare på långfärdsbussar (där inte av- och påstigningstiden har lika stor betydelse för den totala restiden) (Wendle 1997). Även bussens golv påverkar tiden det tar att stiga av och på. Om bussen är en så kallad låggolvbuss eller lågentrëbuss, ger det en positiv effekt på tidsåtgången. I stadstrafik i Sverige är idag nästan alla bussar antingen låggolv- eller lågentrëbussar (SKL & Trafikverket 2012).

Förutom dörrar och golvhöjden, kan också möbleringen bidra till effektivare trafikantcirkulation. Ju fler ståplatser, desto snabbare kan cirkulationen ske (Wendle 1997). Däremot anser Transportation Research Board (2003) att detta samband är tvärtom, ju fler ståplatser desto längre tid tar trafikantcirkulationen. Blandningen mellan stå- och sittplatser bör optimeras med avseende på linjens längd, samt hur stor andel av resenärerna som reser kort respektive långt. Acceptansen att stå är generellt större vid korta resor (X2AB et al. 2015). Det bör dock nämnas att fordonets möblering endast spelar roll för hållplatstiden när belägningsgraden på bussen är nära 100% (Wendle 1997).

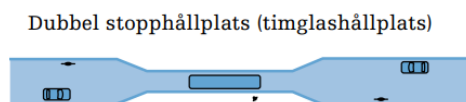
Hållplatsutformning

I tätort finns ett flertal hållplatstyper att välja mellan. Vilken som är lämplig vid respektive stopp grundas huvudsakligen i tre faktorer: bilist- och kollektivtrafikflöde, referenshastighet och cyklistflöde (Vägverket 2010). Gemensamt för alla hållplatstyper är att längden på hållplatsen bör anpassas efter fordonen som är tänkta att stanna vid respektive hållplats (Trafikverket 2021).

Följande hållplatser för stadsbusstrafik beskrivs i Trafikverkets (2021) publikation *Råd – VGU, Vägar och gators utformning*.

Dubbel-stopp hållplats/timglashållplats

Då en dubbel stopphållplats stoppar bilister i både med- och motriktningen, bör denna hållplatstyp endast väljas när framkomlighet för buss och trafiksäkerhet värderas högre än bilisters framkomlighet. Därav är den lämplig på platser där stor andel av resenärerna är antingen barn, äldre eller har en funktionsnedsättning, och är olämplig på platser där bilist- eller cyklistflödet är högt på gatan. Timglasutformningen bör ej användas vid reglerhållplats (Trafikverket 2021). I Figur 8 visas ett exempel på utformning av dubbel stopphållplats.



Figur 8. Dubbel stopphållplats alternativt timglashållplats (Vägverket 2010).

Enkel stopphållplats

En enkel stopphållplats stoppar upp bakomvarande trafik, men till skillnad från en dubbel stopphållplats stoppar den enkla stopphållplatsen inte motriktad trafik. Därav bör den enkla stopphållplatsen väljas i de fall bilistflödet är högre. Även enkel stopphållplats bör väljas om framkomlighet för buss och trafiksäkerhet värderas högre än bilisters framkomlighet. Då omkörning av buss för bakomvarande trafik är möjlig, anläggs en långsmal refug för att separera körriktningarna i syfte av att öka trafiksäkerheten (Trafikverket 2021). I Figur 9 visas ett exempel på utformning av enkel stopphållplats.

Enkel stopphållplats



Figur 9. Enkel stopphållplats (Vägverket 2010).

Klackhållplats

Även klackhållplatser bör väljas där kollektivtrafik prioriteras före biltrafik då den skapar kö nedströms. Extra fördelaktig är klackhållplatsen om parkering finns längs med gatan, då klacken möjliggör rak inkörning. Klackhållplatsen bör inte heller användas vid reglerhållplats (Trafikverket 2021). I Figur 10 visas ett exempel på utformning av klackhållplats.

Klackhållplats



Figur 10. Klackhållplats (Vägverket 2010).

Glugghållplats

Glugghållplatsen är en utformning av hållplats som endast bör användas om inte klackhållplats är möjlig. Utformningen liknar klackhållplatsen men bussen måste köra in i en glugg för att angöra hållplatsen (Trafikverket 2021). I Figur 11 visas ett exempel på utformning av glugghållplats.

Glugghållplats



Figur 11. Glugghållplats (Vägverket 2010).

Körbanehållplats

Då bussen stannar på körbanan, bör denna utformning endast väljas om bilflödet är lågt och flera bussar inte stannar vid samma tidpunkt (Trafikverket 2021). I Figur 12 visas ett exempel på utformning av körbanehållplats.

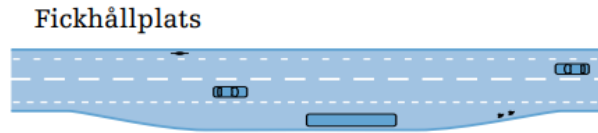
Körbanehållplats



Figur 12. Körbanehållplats (Vägverket 2010).

Fickhållplats

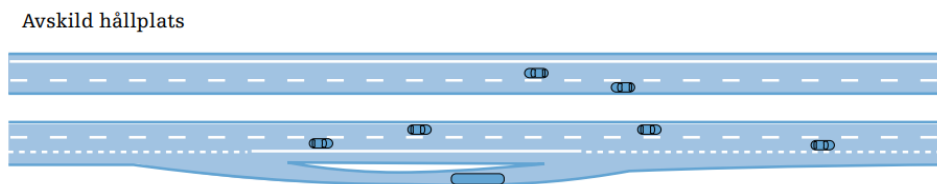
Fickhållplatsen bör användas där bilistflödet är högt eftersom en fickhållplats inte stoppar övrig trafik. Däremot försämras bussens framkomlighet av sidoförflyttningen och av att bussen måste lämna företräde vid utkörning från fickan (Trafikverket 2021). I Figur 13 visas ett exempel på utformning av fickhållplats.



Figur 13. Fickhållplats (Vägverket 2010).

Avskild hållplats

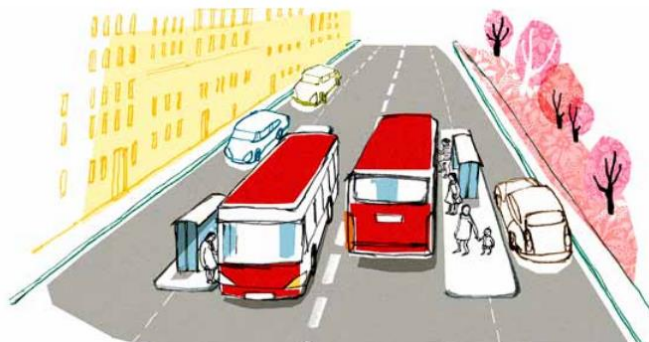
På större trafikleder kan en avskild hållplats vara fördelaktigt då ingen påverkan på övrig trafik finns (Trafikverket 2021). I Figur 14 visas ett exempel på utformning av avskild hållplats.



Figur 14. Avskild hållplats (Vägverket 2010).

Mitthållplats

Mitthållplats kan vara en lösning i centrala områden där trafikflödena är höga. Mitthållplatsen är förlagd vid en refug i mitten av gatan, och har fördelen att den inte skapar kö för bakomvarande trafik. Denna lösning används framför allt då egna körfält för kollektivtrafik har implementerats i gatans inre körfält. Nackdelen med mitthållplatsen är att de väntande resenärerna befinner sig på en refug i gatan, vilket minskar kvalitén på hållplatsen då utrymmet är begränsat (SKL & Trafikverket 2012). I Figur 15 visas ett exempel på utformning av mitthållplats.



Figur 15. Mitthållplats (SKL & Trafikverket 2012).

Utrymmet vid hållplatsen bör dimensioneras efter hur många av- och påstigande som estimeras på respektive hållplats. Om trängsel på plattformen vid av- och påstigning kan undvikas, kan tid sparas. Skillnader i avstånd mellan fordon och plattform, både horisontellt och vertikalt, påverkar tiden det tar att stiga av respektive på. Ju mindre dessa horisontella och vertikala skillnader är, desto mindre blir tidsåtgången per passagerare (SKL & Trafikverket 2012). Även X2AB et al. (2015) belyser vikten av att utforma en hållplats så att trängsel minimeras samt att plattformen är i samma höjd som fordonet. Vidare nämner författarna att i ett BRT-system är hållplatsen även viktig för systemets identitet i staden, och samtliga hållplatser längs en BRT-linje bör utformas enhetligt och bidra till att väntetiden upplevs som bekväm och trygg.

Studier gjorda i Skåne och Göteborg (Linderholm 2004) samt i Singapore (Xiadong et al. 2017), visar att hållplatser med rak inkörning har en mer gynnsam effekt på den totala tidsfördröjningen vid hållplatsstopp än hållplatser där sidoförflyttning krävs, då sidoförflyttningen tar mer tid i anspråk. Andersson et al. (1998) skriver att "uppskattningsvis kan en rak hållplats spara omkring 5 sekunder i jämförelse med en fickhållplats" (Andersson et al. 1998, s. 16). Däremot visar studien gjord av Xiadong et al. (2017) att utformningen av hållplatsen har mindre betydelse för retardationstiden, men desto större för accelerationstiden. En rak hållplats har lägre accelerationstid än vad en bussficka har (9,73 sekunder jämfört med 11,35 sekunder). Varför en signifikant skillnad i accelerationstiden observerades, var på grund av de ofta förekommande "extra-förseningarna" som orsakades av att bussen behövde väja ut från bussfickan. Studien visar också att av- och påstigningstiden för en enskild passagerare är längre vid en bussficka än vid en rak hållplats (14 % skillnad). Att föraren har svårare att angöra på optimalt horisontellt avstånd från plattformen vid en bussficka än vid rak hållplats, nämns som en anledning till detta (Xiadong et al. 2017). Vidare skriver även Linderholm (2004) att raka hållplatser måste ha en sträcka, både före och efter hållplats, som är fri från hinder. Annars kan en rak hållplats liknas vid en fick- eller glugghållplats. Ett vanligt exempel på hinder intill hållplatser är parkerade bilar och cyklister. Även möjligheten för flera bussar att angöra samtidigt på samma hållplats bör tas med i utformningen, ifall denna situation kan komma att uppstå.

Avslutningsvis belyser båda studierna, i enlighet med SKL och Trafikverket (2012), att raka hållplatser inte alltid är att föredra då dessa har större negativ påverkan på övrig trafik (Linderholm 2004; Xiadong et al. 2017). En översikt över trafikflödet på den aktuella vägen bör göras, samt beräkningar av vilken köbildning som ett genomsnittligt hållplatsstopp bidrar till (Linderholm 2004).

4.3.7 Sammanställning

I tabell 6 visas vilka åtgärder som baserat på litteraturstudien potentiellt sätt skulle kunna minska restiden för bussar i stadsmiljö, samt effekten av åtgärderna.

Tabell 6. Sammanställning av samtliga åtgärder som tagits upp i litteraturen.

	Minskning av total restid	Hastighet bussen kan passera i	Kommentar
Korsningar			
Signalprioritering	5–10 %		
Anpassad cirkulationsplats			
Farthinder			
H-gupp		30 km/h	
Väghåla		Normal hastighet	Väghålan påverkar inte bussens hastighet
Vägbudde		25–30 km/h, 25 km/h	
Upphöjda korsningar		20–30 km/h	
Malmögupp		26 km/h	
Actibump		Normal hastighet	
Horisontella åtgärder			
Busskörväg	5–50 %, 5–35 %, 1,3–2,2 %		
Genare linjesträckning			
Längre avstånd mellan hållplatser			
Tid vid hållplatsstopp			
Av- och påstigande vid hållplats	0,4–2,1 sekunder/påstigande 1,2–1,8 sekunder/avstigande		
Hållplatsutformning	14 % kortare tid/passagerare vid rak inkörning.		Accelerationen minskar från 11,35 till 9,73 sekunder 5 sekunder tidsbesparing vid rak hållplats.

5 Fallstudie

Fallstudien inleds med en presentation av hur linje 5 såg ut tidigare och hur den har byggts om till en BRT-inspirerad linje. Därefter beskrivs hur MalmöExpressen ser ut idag samt hur jämförelselinjen, linje 7 ser ut. Sedan beskrivs vilka bra och dåliga sträckor, utifrån hastighet och fördröjning, som finns på MalmöExpressen, för att få en överblick över vilka problemområden som finns. Till sist presenteras resultatet från de olika datainsamlingarna.

5.1 Ombyggnation av linje 5

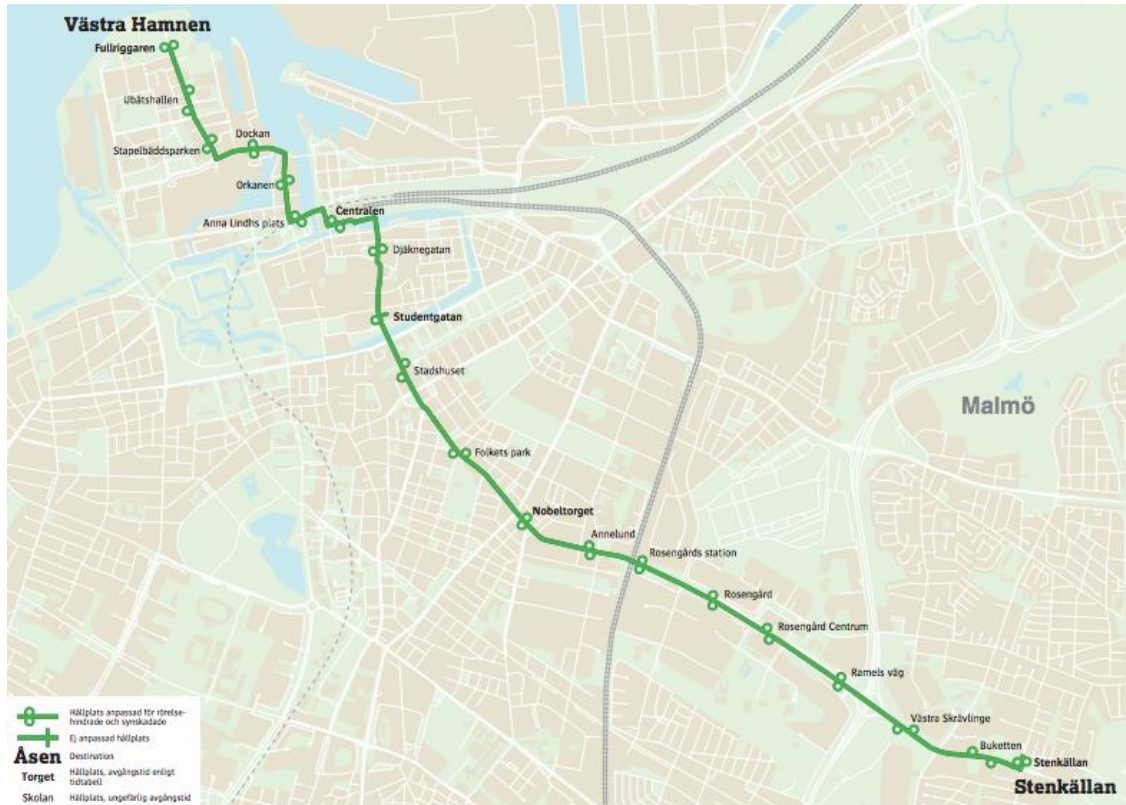
År 2014 stod MalmöExpressen klar och var Malmös första och är fortfarande stadens enda BRT-inspirerade linje (Ramboll & Malmö stad 2018). Idag ligger flera linjer i Malmö i startgroparna för att också byggas om till expressbusslinjer, däribland linje 2, 4 och 8 samt en ny linje, linje 10 (Malmö stad 2021). Tidigare gick linje 5 mellan Hyllie, Centralen, Stenkällan och Kvarnby, se Figur 16, men efter ombyggnationen går den nu mellan Västra hamnen och Stenkällan. Målet med den nya expressbusslinjen var att öka passagerarkapaciteten, förkorta restiden, öka antalet resenärer samt minska utsläppen längs med stråket. Bland annat investerades i nya större bussar, busskörfält anlades, kollektivtrafiksignaler byggdes och busshållplatser byggdes om. En busshållplats längs med sträckan togs bort, likaså ett farthinder och de kvarvarande farthindren byggdes om för att minska deras negativa påverkan (Ramboll & Malmö stad 2018).



Figur 16. Sträckning linje 5, före ombyggnation (Ramboll & Malmö stad 2018).

5.2 MalmöExpressen

Som beskrevs tidigare går linje 5 (MEX) idag mellan Västra Hamnen (VH) och Stenkällan, se Figur 17. I Figur 18 visas en bild på ett av de fordon som trafikerar MalmöExpressen. Vidare syns i Tabell 7 en sammanställning över hur infrastrukturen ser ut längs med linjen samt hur avståndet mellan hållplatserna ser ut.



Figur 17. Nuvarande sträckning för linje 5 (MEX) (Skånetrafiken u.å b).

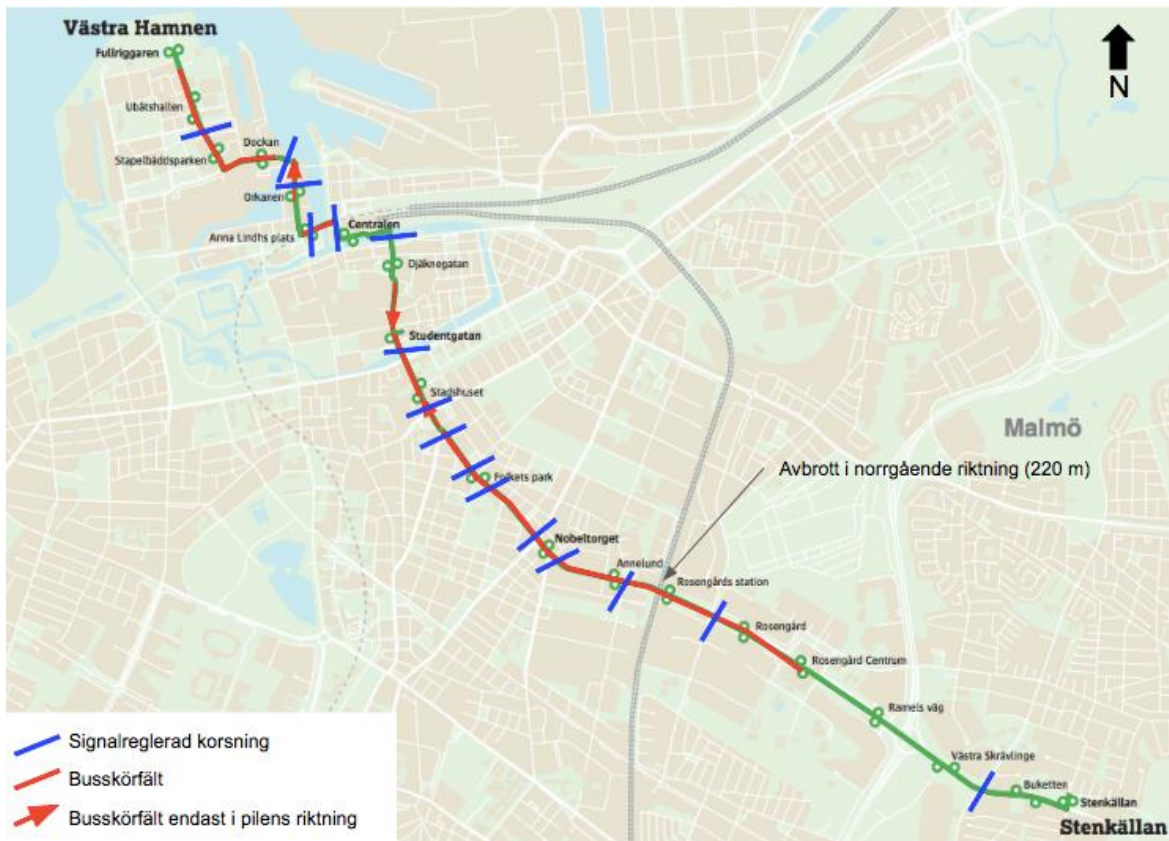


Figur 18. Ett av de fordon som trafikerar MalmöExpressen år 2021.

Tabell 7. Infrastrukturen längs MalmöExpressen, samt avstånd och hastighet. I de fall två tal förekommer representeras det första talet av riktning Stenkällan och det andra talet av riktning Västra hamnen.

	MalmöExpressen (Stenkällan/Västra hamnen)
Omloppstid i högtrafik	72 min
Antal hållplatser	20
Andel hållplatser med rak in- och utkörning	80 %
Medelhastighet	21,7 km/h /21,7 km/h
Total längd (körvägen)	8600 m
Genomsnittlig körväg mellan hållplatser	460 m
Genomsnittlig fågelväg mellan hållplatser	410 m
Antal signalkorsningar	16
Antal cirkulationsplatser	4
Antal farthinder	0
Antal övergångsställen	23
Antal signalreglerade övergångsställen (ej i korsning)	0
Antal kombinerade övergångsställen och farthinder	5
Antal cykelöverfarter	0
Andel busskörfält	56 %/54 %

I Figur 19 nedan syns var längs MalmöExpressen det finns busskörfält. Längs med linjen varierar busskörfälten mellan att vara sidoförlagda och mittförlagda, främst är busskörfältet mittförlag mellan hållplats Folkets park och hållplats Annelund medan det på resterande sträckor är sidoförlagt. Figur 19 visar även var längs linjen som signalreglerade korsningar finns.



Figur 19. Signalreglerade korsningar samt busskörfält längs MalmöExpressen. Den gröna linjen visar linjesträckningen. Bild hämtad från Skånetrafiken (u.å b), modifierad av författare.

5.3 Linje 7

I Figur 20 syns linjesträckningen för linje 7 som går mellan Ön, Centralen och Svågertorp, och i Tabell 8 visas hur infrastrukturen ser ut längs med linjen samt hur hållplatsavståndet ser ut. Vidare i Figur 21 visas en bild på ett av fordonen som trafikerar linjen. I Figur 22 syns var på sträckan det finns signalreglerade korsningar och busskörfält, alla busskörfält längs med sträckan är sidoförlagda. Vissa kortare sekvenser av busskörfält finns inte med i figuren.



Figur 20. Nuvarande sträckning linje 7 (Skånerafiken u.å c).

Tabell 8. Infrastrukturen längs linje 7, samt avstånd och hastighet. I de fall två tal förekommer representeras det första talet av riktning Svågertorp och det andra talet av riktning Ön.

	Linje 7 (Svågertorp/Ön)
Omloppstid i högtrafik	109 min
Antal hållplatser	29
Andel hållplatser med rak in- och utkörning	90 %
Medelhastighet	22,9 km/h /22,8 km/h
Total längd (körvägen)	14 800 m
Genomsnittlig körväg mellan hållplatser	530 m
Genomsnittlig fågelväg mellan hållplatser	480 m
Antal signalkorsningar	15
Antal cirkulationsplatser	2
Antal farthinder	2
Antal övergångsställen	46
Antal signalreglerade övergångsställe (ej i korsning)	3
Antal kombinerade övergångsställen och farthinder	14
Antal cykelöverfarter	1
Andel busskörfält	17%/18%



Figur 21. Ett av fordonen som trafikerar linje 7 år 2021.



Figur 22. Signalreglerade korsningar samt busskörfält längs linje 7. Den gröna linjen visar linjesträckningen. Bild hämtad från Skånetrafiken (u.å c), modifierad av författare.

5.4 Skillnader mellan MalmöExpressen och linje 7

5.4.1 Infrastruktur

Då MalmöExpressen och linje 7 har olika längd, har infrastrukturen delats in per kilometer för att kunna jämföra de två linjerna. I Tabell 9 nedan visas en sammanställning över hur infrastrukturen ser ut per kilometer för MalmöExpressen samt linje 7.

Tabell 9. Infrastruktur av olika slag per kilometer längs MalmöExpressen och längs linje 7.

	MalmöExpressen (Stenkällan/Västra hamnen)	Linje 7 (Svågertorp/Ön)
Total längd (körvägen)	8600 m	14 800 m
Genomsnittligt hållplatsavstånd	460 m	530 m
Genomsnittlig genhet	1,1	1,1
Andel hållplatser med rak in- och utkörning	80 %	90 %
Antal hållplatser/km	2,3	2,0
Antal signalkorsningar/km	1,9	1,0
Antal cirkulationsplatser/km	0,5	0,1
Antal farthinder/km	0,0	0,1
Antal övergångsställen/km	2,7	3,1
Antal signalreglerade övergångsställen/km	0,0	0,2
Antal kombinerade övergångsställen och farthinder/km	0,6	0,9
Antal cykelöverfarter/km	0,0	0,1
Andel busskörfält/km	56 %/54 %	17%/18%

Sammanställningen visar att MalmöExpressen har ett kortare genomsnittligt hållplatsavstånd än linje 7. MalmöExpressen har fler hållplatser, fler signalkorsningar och fler cirkulationsplatser per kilometer jämfört med linje 7, samtidigt som den har färre farthinder och färre övergångsställen per kilometer. Den främsta skillnaden mellan linjerna är att andelen busskörfält är betydligt större på MalmöExpressen än på linje 7.

5.4.2 Medelhastighet

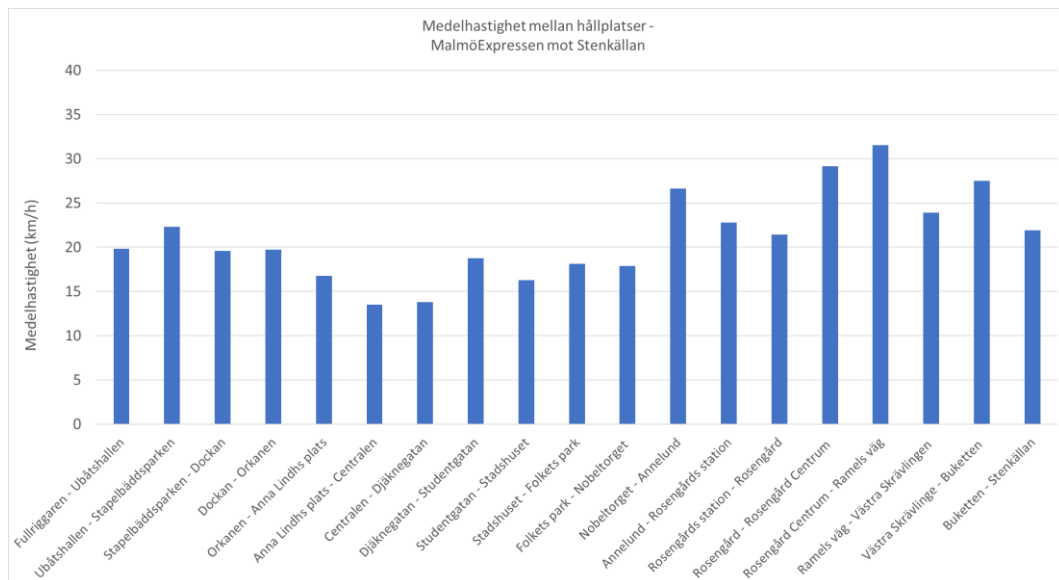
För att se hur medelhastigheterna varierar längs MalmöExpressen och linje 7 har hastighetsdata från Qlikview analyserats. I Tabell 10 redovisas max-, min- och medelvärdet för medelhastigheten under dygnet mellan hållplatserna längs båda linjerna, i vardera riktningen.

Tabell 10. Max-, min, och medelvärde av medelhastigheten mellan hållplatserna, längs MalmöExpressen och längs linje 7.

Medelhastighet/ Riktning	MalmöExpressen		Linje 7	
	Stenkällan	Västra hamnen	Svågertorp	Ön
Max (km/h)	31,5	31,2	33,4	37,1
Min (km/h)	13,5	15,4	13,1	12,9
Medel (km/h)	21,1	21,7	22,9	22,8

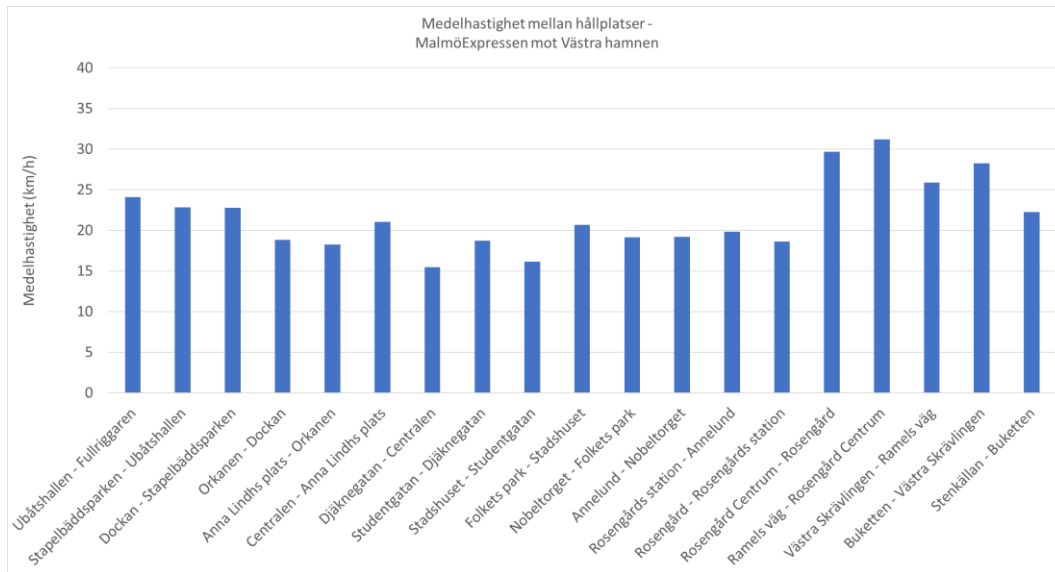
Det går att konstatera att medelhastigheten mellan hållplatser är något lägre på MalmöExpressen än på linje 7. Även den högsta medelhastigheten är något lägre på MalmöExpressen än på linje 7. Däremot är den lägsta medelhastigheten på MalmöExpressen något högre än på linje 7. Detta bidrar till att MalmöExpressen har en mindre hastighetsvariation än linje 7.

I Figur 23 och Figur 24 nedan visas hur medelhastigheten under dygnet varierar mellan olika hållplatser längs MalmöExpressen, och i Figur 25 och Figur 26 visas hur medelhastigheten under dygnet varierar mellan hållplatser längs linje 7.



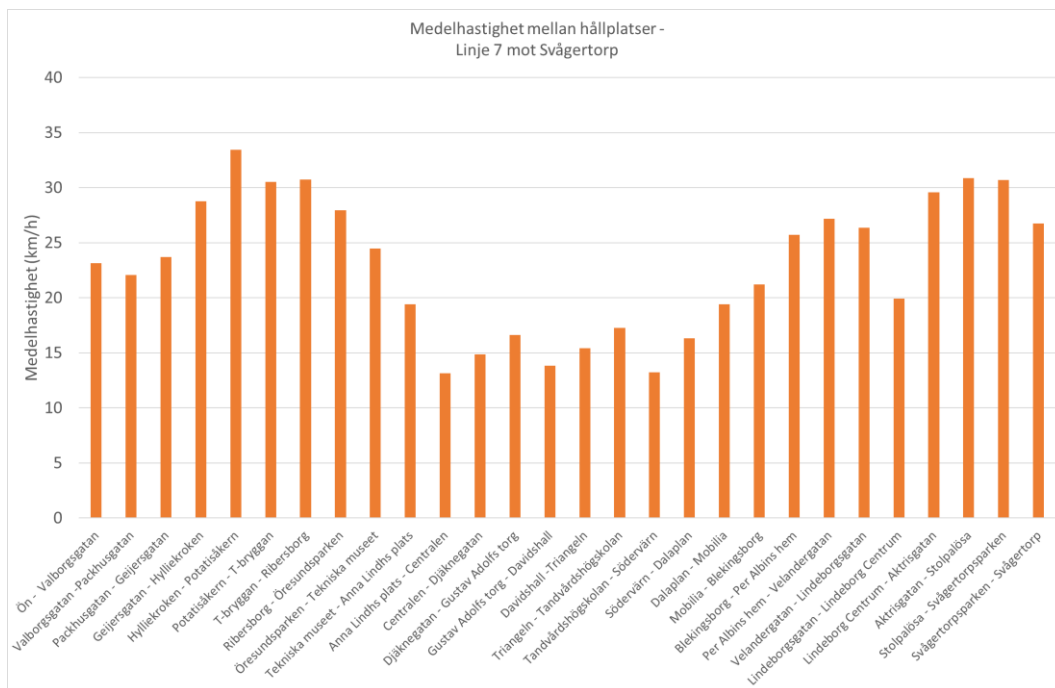
Figur 23. Medelhastighet mellan hållplatser, MalmöExpressen mot Stenkällan.

Hur blir stadsbussen snabbare?

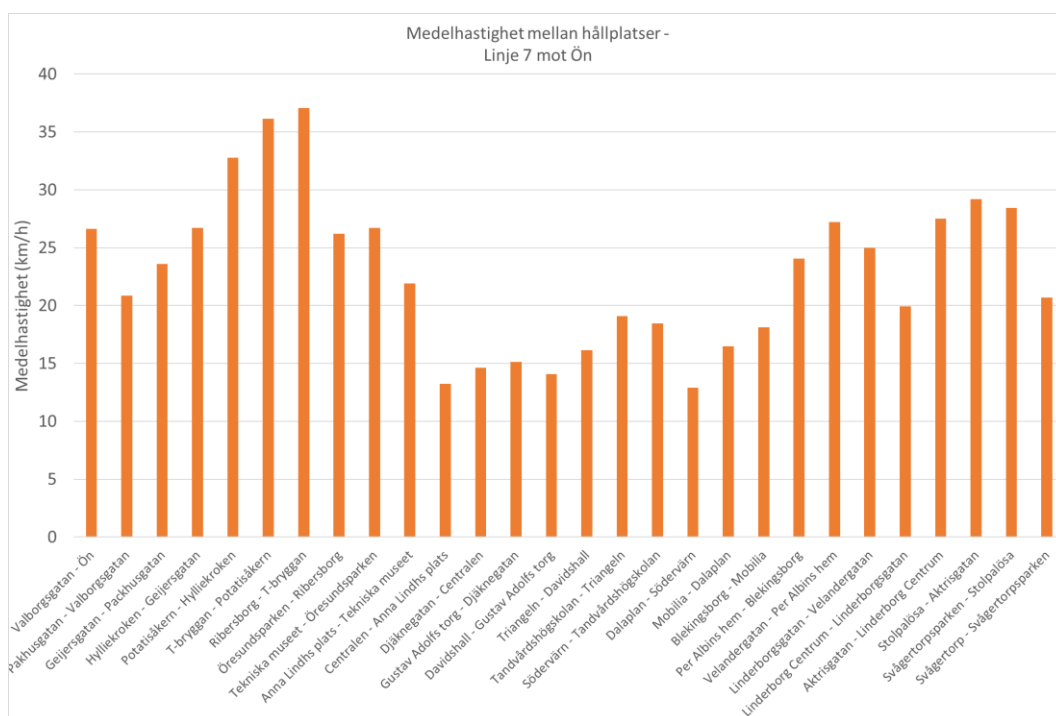


Figur 24. Medelhastighet mellan hållplatser, MalmöExpressen mot Västra hamnen.

Längs med MalmöExpressen uppnås de högsta hastigheterna i utkanten av linjen, vid stadsdelen Rosengård. De lägsta hastigheterna uppnås i de centrala delarna, omkring Centralen. Medelhastigheterna följer samma mönster i de båda riktningarna.



Figur 25. Medelhastigheter mellan hållplatser, linje 7 mot Svågertorp.



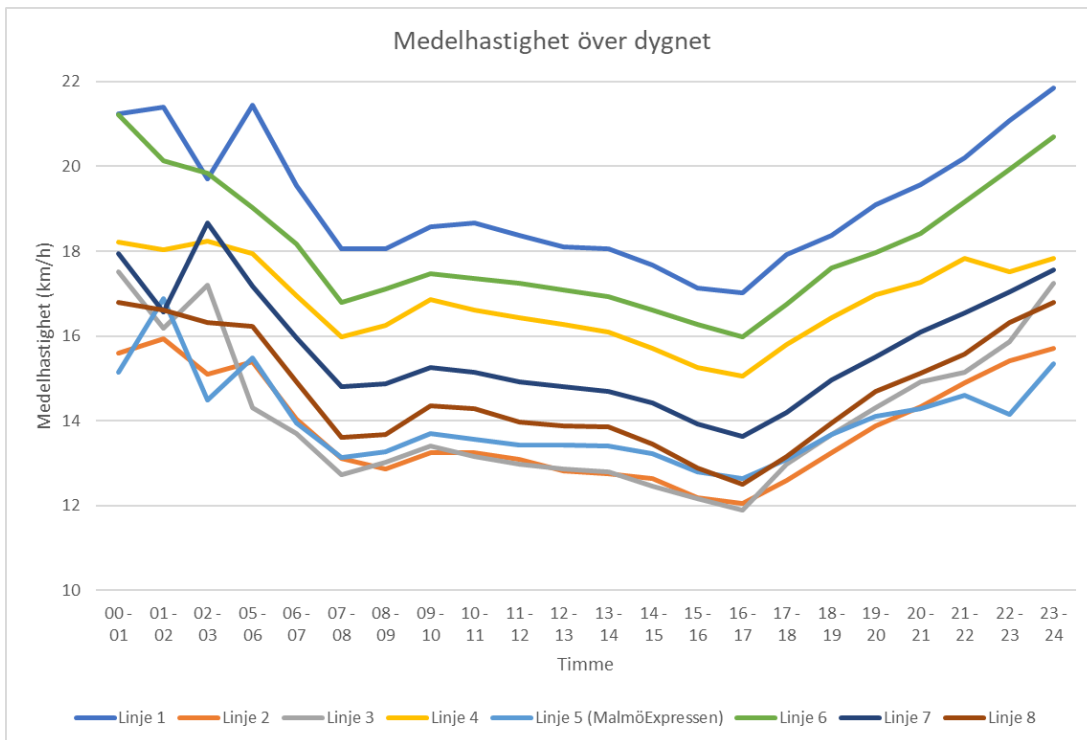
Figur 26. Medelhastighet mellan hållplatser, linje 7 mot Ön.

Längs med linje 7 uppnås de högsta hastigheterna i utkanten av staden, medan de lägsta hastigheterna återfinns i de mer centrala delarna av staden. Medelhastigheten följer samma mönster i de båda riktningarna.

Sammanfattningsvis syns för både MalmöExpressen och linje 7, en tydlig sänkning av medelhastigheten i de centrala delarna. Däremot är hastighetssänkningen i de centrala delarna på MalmöExpressen något lägre än på linje 7. Att MalmöExpressen har en mindre variation i hastighet än linje 7, beror på att hastigheten i utkanten av MalmöExpressen är lägre än hastigheten i utkanten på linje 7.

5.5 Skillnader i hastighet mellan linjer

För att se hur MalmöExpressens medelhastighet förhåller sig till övriga linjers medelhastigheter har medelhastigheter från samtliga huvudlinjer analyserats, baserat på data från Flowmapper. I Figur 27 visas medelhastigheten över dygnet för alla huvudlinjer i Malmö (linje 1–8).



Figur 27. Medelhastighet över dygnet för samtliga huvudlinjer i Malmö.

Det syns tydligt att MalmöExpressen (linje 5) har låg medelhastighet i förhållande till de flesta huvudlinjer, MalmöExpressen har endast högre hastighet än linje 2 och linje 3. Olika linjer går genom olika delar av staden; vissa linjer har större del av linjesträckningen i den mer tätade delen av staden, och andra går i större utsträckning i de mindre tätade delarna av staden. Detta påverkar medelhastigheten och måste tas hänsyn till vid jämförelse. För samtliga linjer syns en variation i medelhastighet över dygnet.

5.6 Fördröjningspunkter

För att få en uppfattning om vilka punkter som bidrar till höga respektive låga hastigheter längs MalmöExpressen användes dels dataprogrammet Flowmapper, dels regressionsverktyget i Excel. Då Flowmapper och regressionen ger olika typ av utdata, kan metoderna ses som kompletterande för att skapa en bredare bild.

Enligt dataanalysen i Flowmapper återfinns generellt de höga hastigheterna på MalmöExpressen, längs med Rosengård, på både sträckor med och utan busskörfält. Inne i de centrala delarna av staden uppnår bussen sällan höga hastigheter. Mellan Centralen och Västra hamnen stiger dock bussens hastighet under vissa få sträckor. I de centrala delarna, i likhet med i Västra hamnen, finns det en större andel signalreglerade korsningar än ut mot Stenkällan. I de centrala delarna finns det utöver många signalreglerade korsningar även många övergångsställen och en stor andel övrig trafik. Tabell 11 visar de punkter och platser där MalmöExpressen uppnår högst respektive lägst hastigheter, tillsammans med vilken infrastruktur det finns på platsen. De exempel som lyfts fram beskriver några extrema värden inom varje kategori.

Tabell 11. Fördröjningspunkter samt sträckor med hög hastighet längs MalmöExpressen. Ett exempel på plats samt medelhastighet i punkten/på sträckan visas.

	Exempel på plats	Medelhastighet i fördröjningspunkten/sträckan
Fördröjningspunkter		
Hållplatser	Centralen*	2 km/h
Signalreglerade korsningar	Mellan Rosengård station och Annelund	3 km/h
Kollektivtrafiksignal i samband med hållplats	Folkets park*	2 km/h
Hastighetshöjande sträckor		
Busskörfält i utkanten av staden	Mellan Rosengård och Rosengård centrum	35 km/h
Vid Stenkällan (utan busskörfält)	Mellan Rosengård centrum och Ramels väg*	39 km/h

*Endast på denna plats längs med sträckan kör bussen i denna hastighet

De allra största fördröjningspunkterna är hållplatser, signalreglerade korsningar samt hållplatser med kollektivtrafiksignal. Bussen uppnår högst hastigheter utmed Stenkällan, när den kör i blandtrafik.

Genom en regressionsanalys i Excel ger de olika variablernas koefficienter en indikation på hur stor påverkan olika variabler har. I Tabell 12 presenteras koefficienterna för den första regressionen där samtliga oberoende variabler ingick. I Tabell 13 presenteras koefficienterna från den andra regressionen där de variabler som inte kunde anses signifikanta tagits bort.

Tabell 12. Utdata från regressionsanalys, samtliga oberoende variabler.

	Högtrafik(s)	Lågtrafik (s)
Konstant	53,1	44,3
Övergångsställe	10,3	6,7
Kombinerat övergångsställe och farthinder	20,7	7,1
Cirkulationsplats	3,9	13,8
Signalreglerad korsning	30,9	25,2
Kollektivtrafiksignal	19,1	14,6
Busskörfält	-10,6	4,2

Tabell 13. Utdata från regressionsanalys, endast signifikanta oberoende variabler.

	Högtrafik (s)	Lågtrafik (s)
Konstant	51,4	46,9
Övergångsställe	9,6	6,6
Kombinerat övergångsställe och farthinder	21,8	-
Cirkulationsplats	-	16,5
Signalreglerad korsning	28,3	25,8
Kollektivtrafiksignal	15,6	16,0
Busskörfält	-	-

Enligt regressionen med endast signifikanta oberoende variabler är konstanten för högtrafik högre än konstanten för lågtrafik, vilket indikerar att om inga fördröjningspunkter eller åtgärder finns, är restiden kortare i lågtrafik än i högtrafik. Sett till högtrafik, kan signalreglerade korsningar samt kombinerade övergångsställen och farthinder ses som de faktorer som antas fördröja mest. Även övergångsställen och kollektivtrafiksignaler har en negativ, men något mindre, påverkan på restiden i högtrafik. Sett till lågtrafik är det också signalreglerade korsningar som antas påverka mest, men även cirkulationsplatser, kollektivtrafiksignaler och övergångsställen anses vara betydande fördröjningspunkter. Både för högtrafik och lågtrafik är busskörfältens påverkan ej signifikant, även cirkulationsplatser och kombinerade farthinder anses ej vara signifikanta för hög- respektive lågtrafik.

Sett till både datastudien i Flowmapper och regressionsanalysen är signalreglerade korsningar samt kollektivtrafiksignaler de främsta faktorerna som har en negativ påverkan på hastigheten. För övriga variabler finns det inget tydligt samband mellan resultatet från datastudien och regressionsanalysen, metoderna pekar ut olika faktorer som tidskrävande/tidsbesparande. Dock har inte exakt samma variabler ingått i de olika metoderna.

5.7 Hållplatsutformning

För att ta reda på hur stor betydelse hållplatsens utformning har för hållplatstiden, undersöktes genom fältmätningar in- och utkörningstiden vid fyra hållplatser. De fyra hållplatser som ingått i studien samt dess utformning beskrivs i Tabell 14. Vidare i Figur 28–31 nedan visas bilder på de olika hållplatserna som ingått i studien.

Tabell 14. Hållplatserna som ingått i studien samt dess utformning för in- och utkörning i respektive riktning.

Hållplats	Mot Stenkällan		Mot Västra hamnen		Kommentar
	Inkörning	Utkörning	Inkörning	Utkörning	
Malmö Dockan	Rak utan hinder	Vid kollektivtrafiksignal	Rak utan hinder	Rak utan hinder	Ligger i sidoförlagt busskörfält
Malmö Studentgatan	Rak och flertalet bussar stannar samtidigt	Rak med övergångsställe efter	Rak och flertalet bussar stannar samtidigt	Väjning med övergångsställe efter	Ligger i sidoförlagt busskörfält mot Stenkällan
Malmö Stadshuset	Rak utan hinder	Rak med körfältsbyte	Rak utan hinder	Rak med farthinder och övergångsställe efter	Ligger i sidoförlagt busskörfält
Malmö Folkets park (läge A och läge B)	Rak utan hinder	Vid kollektivtrafiksignal	Rak utan hinder	Vid kollektivtrafiksignal	Ligger i mittförlagt busskörfält



Figur 28. Hållplats Dockan. Till vänster: kollektivtrafiksignal i samband med utkörning mot Stenkällan och till höger: in- och utkörning mot Västra hamnen.



Figur 29. Hållplats Studentgatan. Till vänster: väjning och övergångsställe vid utkörning mot Västra hamnen och till höger: övergångsställe vid utkörning (där fotografen står) mot Stenkällan.



Figur 30. Hållplats Stadshuset. Till vänster: utkörning mot Stenkällan där bussen måste korsa bilarnas körfält och till höger: utkörning mot Västra hamnen med ett kombinerat farthinder och övergångsställe.

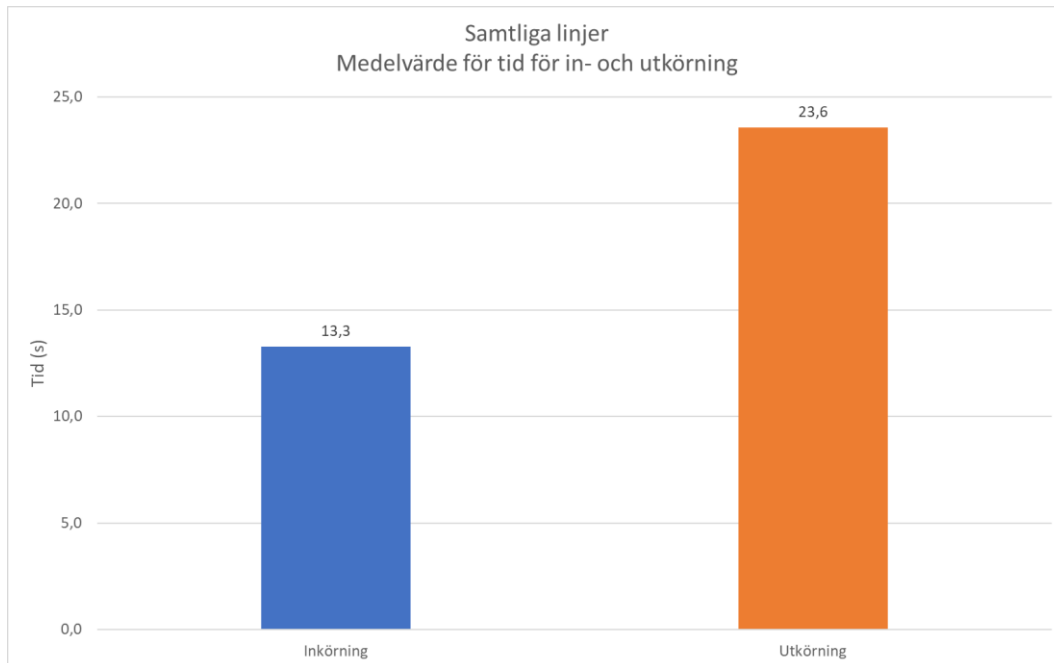


Figur 31. Hållplats Folkets park. Till vänster: den identiska utformning som finns i de båda riktningarna och till höger: en kollektivtrafiksignal vid utkörning.

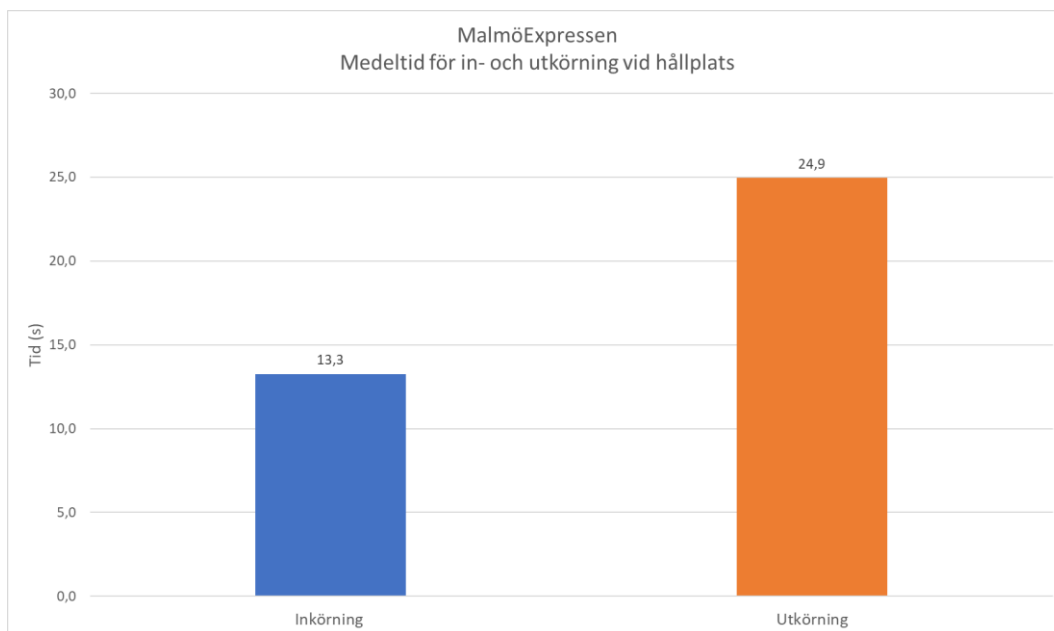
Samtliga hållplatser i studien har någon form av rak inkörning, och samtliga hållplatser ligger i någon form av busskörväg. En större variation i utformning vid utkörning än i inkörning kan ses, både rak utkörning och väjning förekommer. Även olika typer av hinder samt signaler kan ses vid några hållplatser.

5.7.1 Skillnad i in- och utkörningstid

I Figur 32 och Figur 33 visas medeltiden för in- och utkörning baserat på alla 4 hållplatser i studien. I Figur 32 visas medelvärdet baserat på samtliga linjer i studien (MEX, linje 3, linje 31 och linje 32) medan i Figur 33 visas medelvärdet endast baserat på MalmöExpressen.



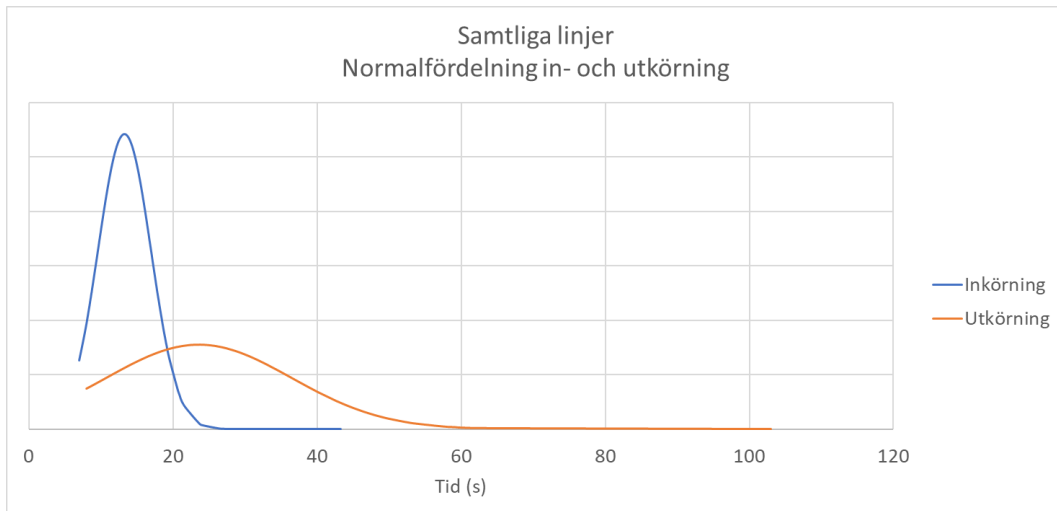
Figur 32. Medelvärde för in- och utkörningstid vid alla 4 hållplatser, för samtliga linjer inkluderade i studien.



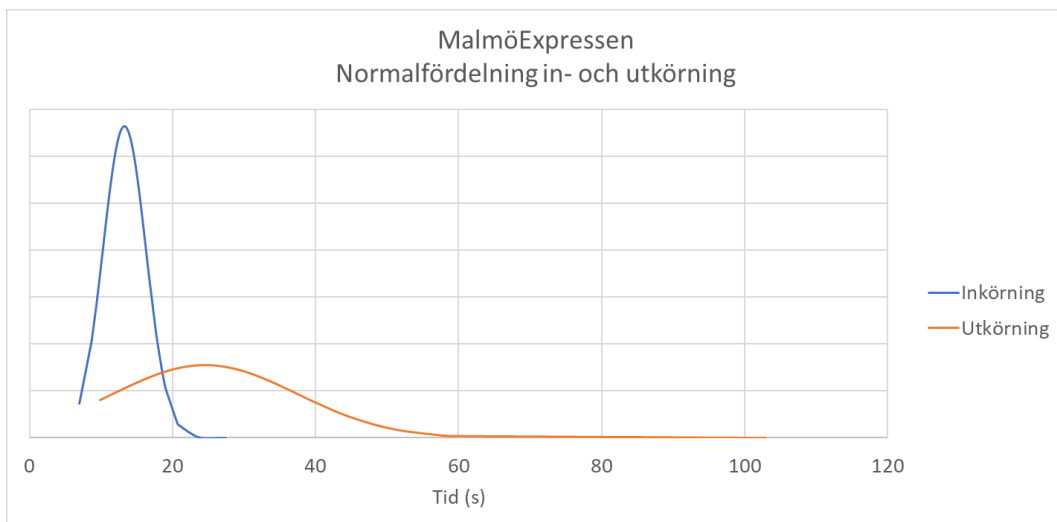
Figur 33. Medelvärde för in- och utkörningstid vid alla 4 hållplatser, för MalmöExpressen.

Resultatet visar att inkörningstiden är kortare än utkörningstiden. Medelvärdet för inkörning är 13,3 sekunder, både sett till samtliga linjer och sett endast till MalmöExpressen. Däremot är utkörningstiden för MalmöExpressen något längre än utkörningstiden för samtliga linjer, 24,9 sekunder jämfört med 23,6 sekunder.

I Figur 34 och Figur 35 visas normalfördelningskurvor över in- och utkörningstiden, baserat på samtliga linjer (MEX, linje 3, linje 31 och linje 32) respektive på MalmöExpressen.



Figur 34. Normalfördelningskurva över in- och utkörningstid vid hållplats för samtliga linjer inkluderade i studien.

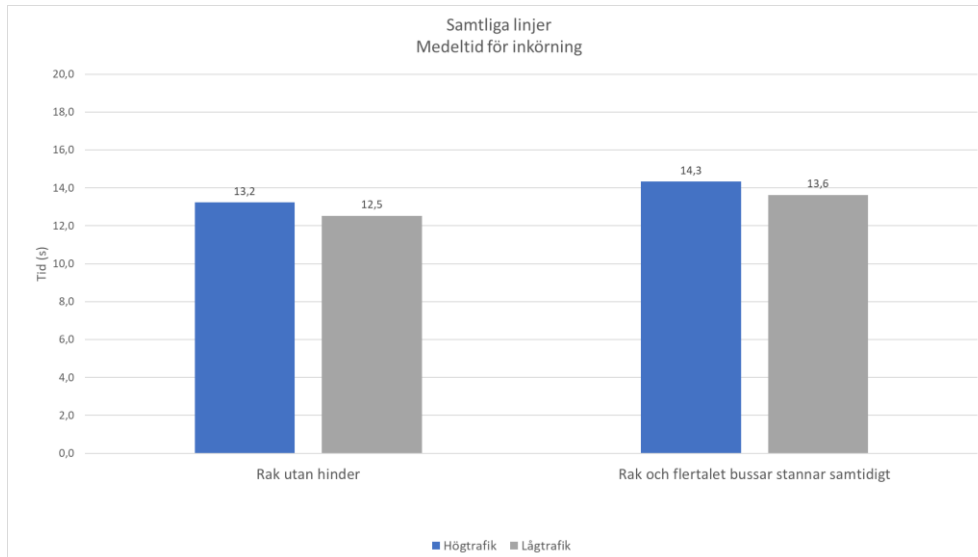


Figur 35. Normalfördelningskurva över in- och utkörningstid vid hållplats för MalmöExpressen.

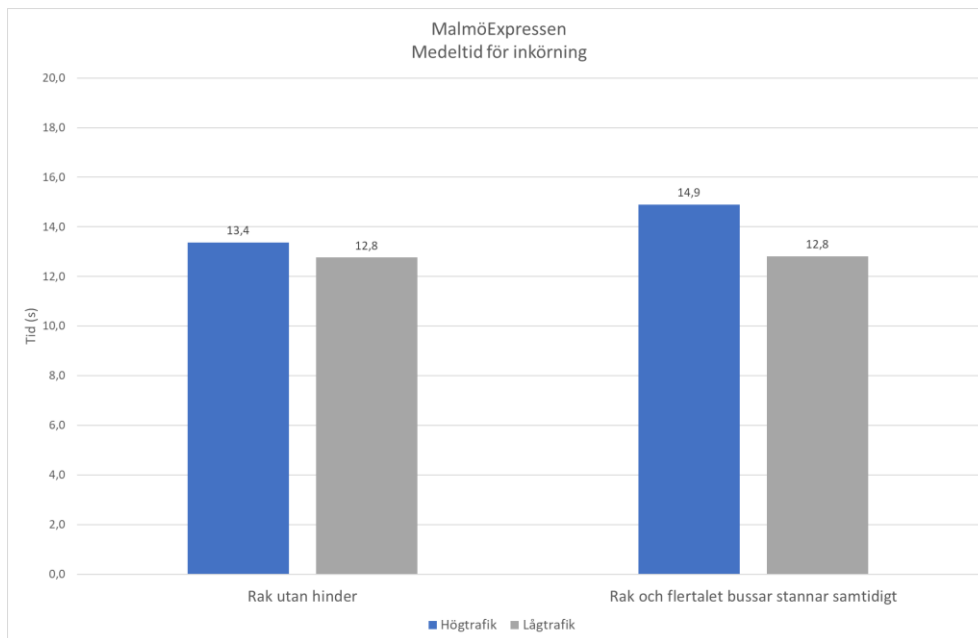
Utifrån normalfördelningskurvorna i Figur 34 och Figur 35, är det möjligt att se att bussens inkörningstid vid hållplatsen varierar i lägre grad än tiden för utkörning. Detta gäller för samtliga linjer och för MalmöExpressen. Kurvan för utkörning är mycket flackare och täcker ett större tidsspänn än kurvan för inkörning. Både kurvan för inkörning och kurvan för utkörning följer samma mönster för både samtliga linjer och för MalmöExpressen.

5.7.2 Inkörning

Nedan visas medeltiden för inkörning vid respektive hållplatsutformning. Blå stapel indikerar medeltiden i högtrafik, och grå stapel indikerar medeltiden i lågtrafik. I Figur 36 visas medeltiden för inkörning baserat på samtliga linjer (MEX, linje 3, linje 31 och linje 32), i Figur 37 visas medeltiden för inkörning baserat på MalmöExpressen.



Figur 36. Inkörningstid vid hållplats för respektive studerad hållplatsutformning, baserat på värden från samtliga linjer inkluderade i studien.



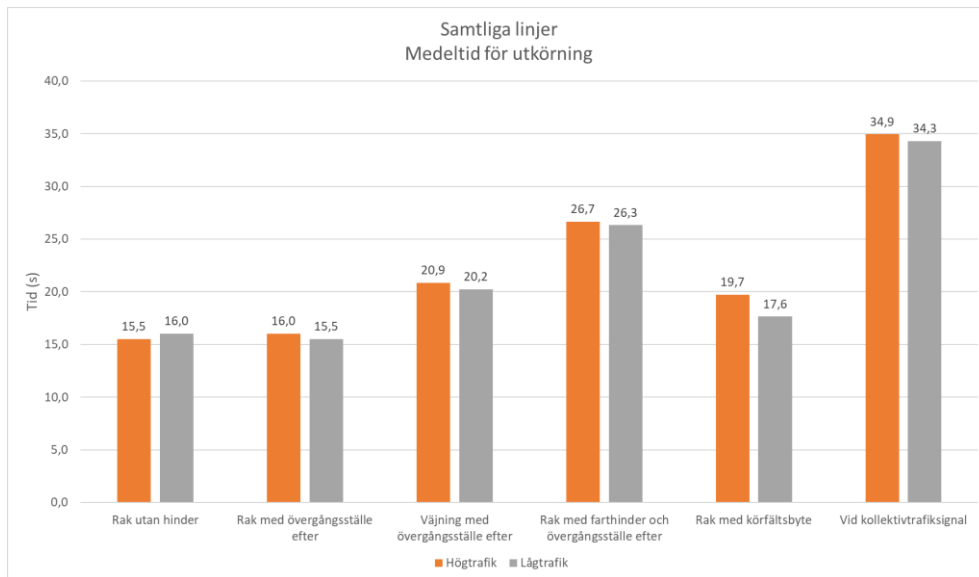
Figur 37. Inkörningstid vid hållplats för respektive studerad hållplatsutformning, baserat på värden från MalmöExpressen.

Figurerna visar att inkörningstiden för samtliga linjer och MalmöExpressen är relativt lika, och skillnaden mellan hållplatstyperna är relativt liten. Den största skillnaden mellan

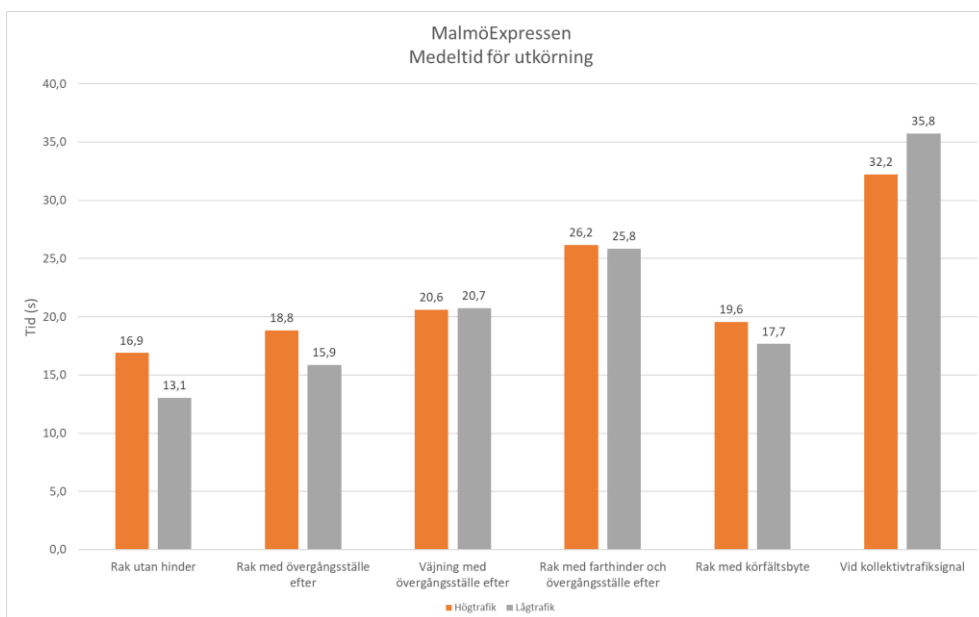
MalmöExpressen och övriga linjer, är skillnaden mellan högtrafik och lågtrafik för hållplatser där ”flertalet bussar stannar samtidigt”. Skillnaden för MalmöExpressen är större än skillnaden vid samtliga linjer.

5.7.3 Utkörning

Nedan visas medeltiden för utkörning vid respektive hållplatsutformning. Orange stapel visar medeltiden i högtrafik, och grå stapel visar medeltiden i lågtrafik. I Figur 38 visas medeltiden för utkörning baserat på samtliga linjer (MEX, linje 3, linje 31 och linje 32), i Figur 39 visas medeltiden för utkörning baserat på endast MalmöExpressen.



Figur 38. Utkörningstid vid hållplats för respektive studerad hållplatsutformning, baserat på värden från samtliga linjer inkluderade i studien.



Figur 39. Utkörningstid vid hållplats för respektive studerad hållplatsutformning, baserat på värden från MalmöExpressen.

Utkörning ”vid kollektivtrafiksignal” ger den största utkörningstiden, både sett till samtliga linjer och enbart till MalmöExpressen. För samtliga hållplatser gäller att skillnaden mellan högtrafik och lågtrafik, är större på MalmöExpressen än på samtliga linjer. De två lägsta utkörningstiderna finns vid ”rak utkörning utan hinder” och vid ”rak utkörning med ett övergångsställe efter hållplatsen”. Då ”rak utkörning med övergångsställe efter hållplatsen” har en av de lägsta utkörningstiderna, visar det att övergångsstället efter hållplatsen inte skulle vara ett hinder. Däremot om övergångsstället kombineras med ett farthinder, ökar utkörningstiden med runt 10 sekunder.

5.7.4 Sammanställning

I Tabell 15 beskrivs samtliga hållplatsutformningar som har studerats, samt vilken tid som skulle kunna sparas om den mest tidseffektiva utformningen används. Den förväntade tidsbesparingen är baserad på medelvärdena för respektive utformning för samtliga linjer.

Tabell 15. Förväntad tidsbesparing vid respektive utformning, i förhållande till mest tidseffektiv utformning.

Utformning	Kommentar	Förväntad tidsbesparing om mest tidseffektiv utformning använts
Inkörning		
Rak utan hinder	Den mest tidseffektiva inkörningsutformningen.	0,0 sekunder
Rak och flertalet bussar stannar samtidigt	Skillnaden i inkörningstid är marginell.	1,0 sekunder
Utkörning		
Rak utan hinder	Den mest tidseffektiva utkörningsutformningen.	0,0 sekunder
Rak med övergångsställe efter	Övergångsstället efter påverkar ej i någon större utsträckning.	0,1 sekunder
Väjning med övergångsställe efter	Marginell skillnad syns i högtrafik och lågtrafik, även om bussen måste väja ut. Resultatet antyder att väjningen har viss fördröjande effekt.	4,9 sekunder
Rak med farthinder och övergångsställe efter	Marginell skillnad syns i högtrafik och lågtrafik. Enligt observationer är övergångsstället vältrafikerat.	10,9 sekunder
Rak med körfältsbyte	Liten tidsmässig fördröjning, men utformningen är den som ger störst skillnad i högtrafik och lågtrafik.	3,3 sekunder.
Vid kollektivtrafiksignal	Störst tidsmässig fördröjning.	19,0 sekunder

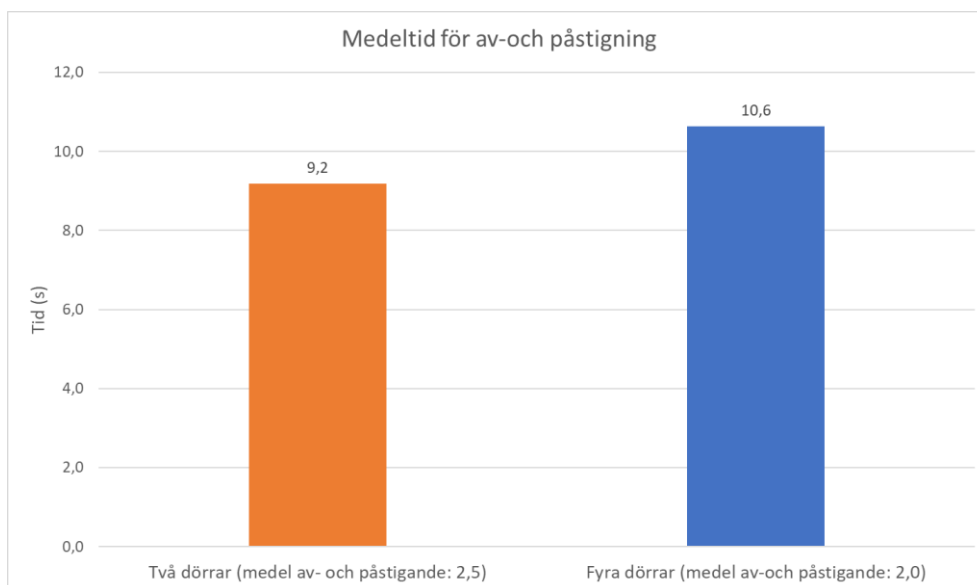
Resultatet visar att en knapp tidsbesparing (1,0 sekunder) skulle göras vid inkörning, om den mest tidseffektiva utformningen används. Det bör dock nämnas att de två typer av inkörningsutformning som jämförts liknar varandra i hög grad. Vid utkörning kan däremot större tidsbesparingar göras. Genom att utforma hållplatsen så att bussen får rak väg utan några hinder ut, skulle tidsbesparingar på mellan 3 och 19 sekunder göras. Baserat på

samtliga utformningar är medelfördröjningen vid inkörning 0,5 sekunder, och medelfördröjningen vid utkörning 6,4 sekunder.

5.8 Av- och påstigning

För att undersöka om antalet dörrar påverkar av- och påstigningstiden har stillastående hållplatstid för bussar med olika antal dörrar analyserats genom fältmätningar. Tiden som har klockats är tiden då dörrarna är öppna. MalmöExpressen har fyra dörrar tillgängliga för av- och påstigning, medan övriga linjer (linje 2, linje 3, linje 7 och linje 8) har två dörrar (mars 2021).

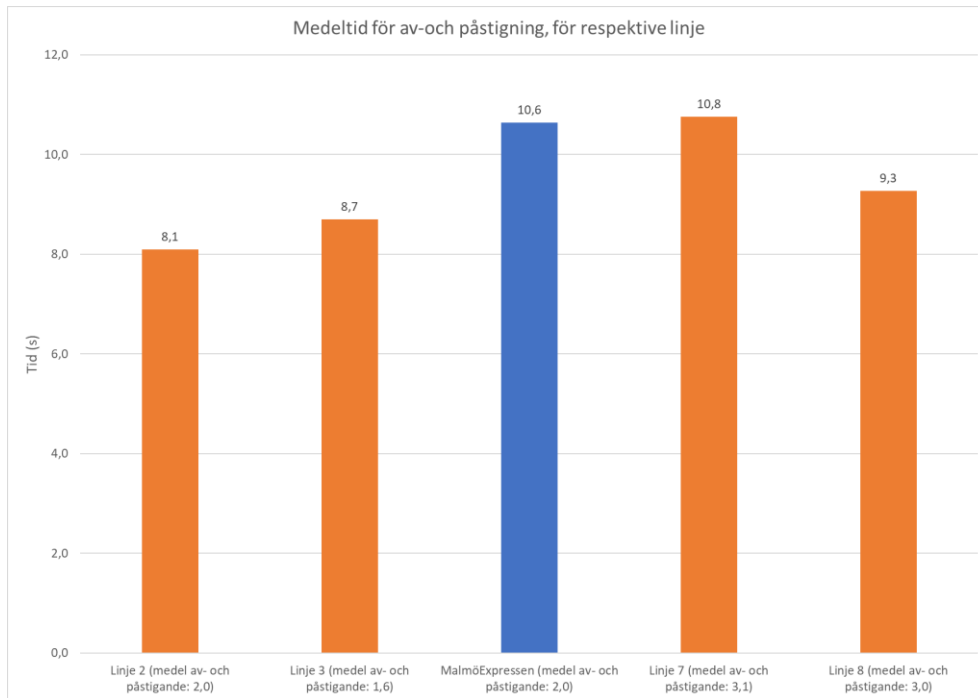
I Figur 40 nedan visas medelvärdet för av- och påstigningstiden för bussar med två (orange) respektive fyra (blå) dörrar tillgängliga för av- och påstigning. Även medelvärdet av antalet av- och påstigande visas inom parentes.



Figur 40. Medeltid för av- och påstigning för bussar med två respektive fyra dörrar.

Resultatet visar att medeltiden för av- och påstigning vid en buss med fyra dörrar (MalmöExpressen) är längre än medeltiden för av- och påstigning vid en buss med två dörrar (linje 2, linje 3, linje 7 och linje 8). Tidsskillnaden mellan fyra dörrar och två dörrar är drygt 1 sekund. Ingen justering för antalet av- och påstigande har gjorts. MalmöExpressen (fyra dörrar) hade trots sin längre av- och påstigningstid, ett färre antal av- och påstigande under mättillfället.

Om samtliga linjer som analyserats presenteras var för sig, ser sambandet marginellt annorlunda ut. I Figur 41 visas hur medeltiden för av- och påstigning ser ut på respektive linje som ingått i studien. Blå stapel indikerar fyra dörrar och orange stapel indikerar två dörrar



Figur 41. Medeltid för av- och påstigning på respektive linje som är inkluderade i studien.

MalmöExpressen (blå) med fyra dörrar har näst högst medeltid för av- och påstigning bland de studerade linjerna. Detta trots att medelantalet av- och påstigande på MalmöExpressen inte är högst. Linje 7 är den enda linjen som har längre medeltid för av- och påstigning än MalmöExpressen (0,2 sekunder), dock hade linje 7 under mättilfället ett högre medelantal av- och påstigande (3,1 jämfört med 2,0).

5.9 Biljettvalidering

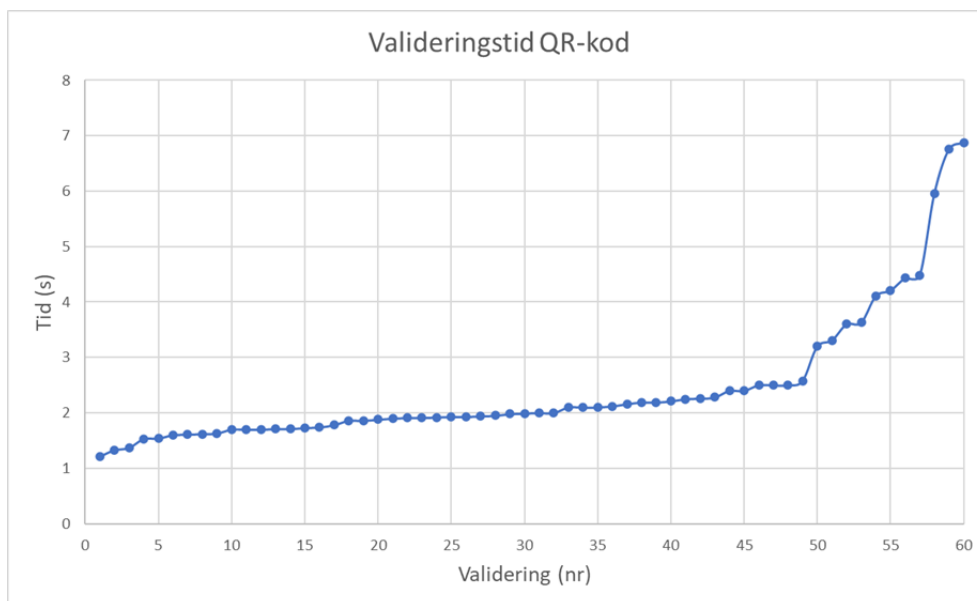
För att undersöka hur mycket tid som går åt att scanna en biljett med QR-kod, genomfördes en fältmätning. I Figur 42 visas en bild på en av Skånetrafikens valideringsmaskiner. I Tabell 16 visas medelvärdet och medianen för att validera biljett ombord på bussen baserat på de genomförda fältmätningarna av scanning av QR-kod mot läsare. Vidare i Figur 43 presenteras tiden för varje enskild validering.

Tabell 16. Valideringstid för biljett med QR-kod.

	Valideringstid (s)
Medelvärde	2,43
Medianvärde	2,00
Antal mätningar	60



Figur 42. Scanning av mobilbiljett med QR-kod mot valideringsmaskin på MalmöExpressen 2021.

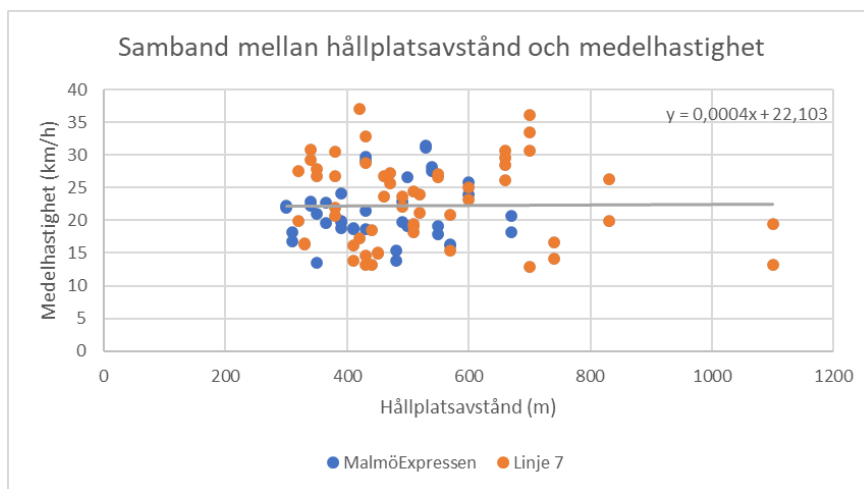


Figur 43. Tid för varje enskild validering i studien.

Tabell 16 visar att medelvärdet av tiden för validering med QR-kod är 2,43 sekunder och medianen är 2,00 sekunder. Figur 43 visar att det finns en stor variation i hur lång tid en validering med QR-kod tar, dock tar majoriteten av valideringarna under 3 sekunder.

5.10 Hållplatsavstånd och hastighet

För att ta reda på om det finns något samband mellan hållplatsavstånd och medelhastighet gjordes en analys baserat på hastighetsdata från Qlikview och uppmätta hållplatsavstånd från Google Maps. Figur 44 nedan visar sambandet mellan hållplatsavstånd och medelhastighet för länkar med en hastighetsbegränsning på 40 km/h. Blå prickar visar hastigheter för MalmöExpressen och orangea prickar visar hastigheter för linje 7, en grå rät linje är anpassad till samtliga värden.



Figur 44. Samband mellan hållplatsavstånd och medelhastighet.

Den anpassade linjen är nästan vågrätt, vilket indikerar att det inte går att dra någon slutsats om att något samband mellan hållplatsavstånd och medelhastighet finns.

I Tabell 17 syns medelhastigheterna för olika hållplatsavstånd samt tiden det tar att köra 100 meter baserat på respektive hållplatsavstånd. I den andra tabellen, Tabell 18 visas hur en förändring i hållplatsavstånd bidrar till en förändrad medelhastighet och förändrad restid.

Tabell 17. Medelhastighet vid olika hållplatsavstånd, samt körtid per 100 meter vid respektive hållplatsavstånd.

Hållplatsavstånd (m)	Medelhastighet (km/h)	Tid (s/100 m)
300	22,22	16,20
400	22,26	16,17
500	22,30	16,14
600	22,34	16,11
700	22,38	16,08
800	22,42	16,05
900	22,46	16,03
1000	22,50	16,00
1100	22,54	15,97

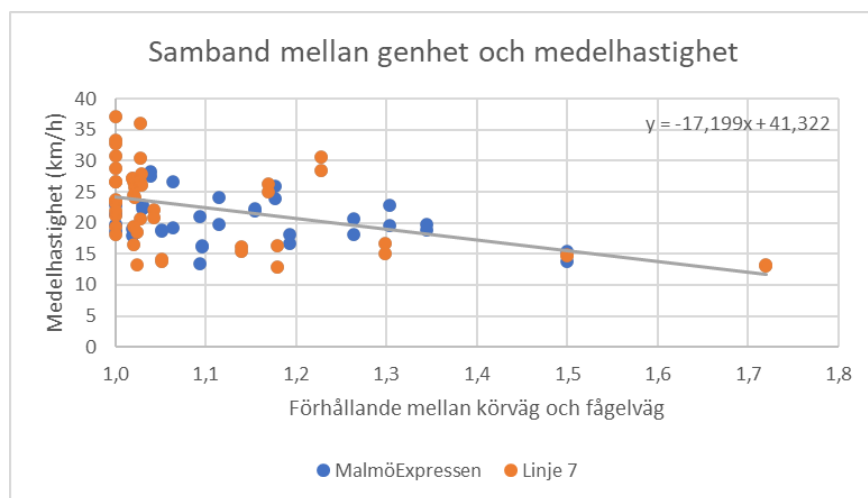
Tabell 18. Förändring i medelhastighet och körtid vid en ökning av hållplatsavståndet med 100 meter, vid respektive hållplatsavstånd.

Förändring i hållplatsavstånd (m)		Förändring i medelhastighet (km/h)	Förändring i tid (s/100m)
Från	Till		
300	400	0,04	0,029
400	500	0,04	0,029
500	600	0,04	0,029
600	700	0,04	0,029
700	800	0,04	0,029
800	900	0,04	0,029
900	1000	0,04	0,028
1000	1100	0,04	0,028
Medelvärde		0,04	0,029

Precis som Figur 44 visar har hållplatsavståndet en liten påverkan på både medelhastigheten och restiden. Ett ökat hållplatsavstånd bidrar inte till högre hastighet och kortare restid.

5.11 Genhet och hastighet

För att se om det finns något samband mellan hastighet och förhållandet mellan körväg och fågelväg mellan hållplatser, gjordes en analys baserat på hastigheter från Qlikview och uppmätta hållplatsavstånd i Google Maps. Om förhållandet mellan körväg och fågelväg är litet, är genheten hög. I Figur 45 visas sambandet mellan avståndsförhållandet och medelhastigheten. Resultaten är baserade på de länkar där hastighetsbegränsningen är 40 km/h, blå prickar visar avståndsförhållandet på MalmöExpressen och orangea prickar visar avståndsförhållandet på linje 7. En grå rät linje är anpassad till samtliga punkter.



Figur 45. Samband mellan hållplatsavstånd och medelhastighet.

Den anpassade grå linjen visar att det finns ett samband mellan ökad genhet och lägre hastighet. Det finns inte en lika stor spridning i körvägsförhållandet mellan hållplatserna längs MalmöExpressen jämfört med linje 7.

I Tabell 19 visas medelhastigheten och restiden per 100 meter för olika genhetstal och i Tabell 20 visas hur stor förändringen i medelhastighet och restid blir om genhetstalet förändras.

Tabell 19. Medelhastighet vid olika genhetstal, samt körtid per 100 meter vid respektive genhetstal.

Genhetstal	Medelhastighet (km/h)	Tid (s/100 m)
1	24,12	14,92
1,1	22,40	16,07
1,2	20,68	17,41
1,3	18,96	18,98
1,4	17,24	20,88
1,5	15,52	23,29
1,6	13,80	26,08
1,7	12,08	29,79

Tabell 20. Förändring i medelhastighet och körtid vid en ökning av genhetstalet med 0,1, vid respektive hållplatsavstånd.

Förändring av genhetstal		Förändring i medelhastighet (km/h)	Förändring i tid (s/100m)
Från	Till		
1,0	1,1	1,72	1,15
1,1	1,2	1,72	1,34
1,2	1,3	1,72	1,58
1,3	1,4	1,72	1,89
1,4	1,5	1,72	2,31
1,5	1,6	1,72	2,89
1,6	1,7	1,72	3,71
Medelvärde		1,72	2,12

Resultatet visar att det finns ett samband mellan genhet och uppnådd hastighet. Genare linjesträckning ger högre hastigheter och därmed kortare restid.

5.12 Busskörfält

Busskörfälts effekt på medelhastigheten har undersökts genom att studera medelhastigheter på olika typer av delsträckor som har busskörfält. Detta för att sedan jämföra dessa sträckor med medelhastigheter på liknande delsträckor som inte har eller endast delvis har busskörfält. All hastighetsdata kommer från Flowmapper.

Resultatet för varje delsträcka presenteras nedan under respektive namn på studieområde (5.12.1 - 5.12.8). Under varje rubrik ges en förklaring till varför sträckan har undersökts samt hur sträckan är utformad. För varje delsträcka redovisas dessutom skillnader i medelhastighet, samt timmarna med störst respektive minst skillnad i en tabell. En negativ hastighetsskillnad betyder att bussen i jämförelsealternativet (inget eller delvis busskörfält) uppnår högre hastighet än bussen i busskörfält. Även ett diagram över hastighetsfördelningen över dygnet för varje delsträcka presenteras. Den blå linjen representerar sträckan med busskörfält, och den orangea linjen representerar jämförelsealternativet. De typer av sträckor som har analyserats är:

- 5.12.1 Busskörfält på 60-väg
- 5.12.2 Busskörfält i stadsmiljö – parkering höger om busskörfält
- 5.12.3 Busskörfält i stadsmiljö – farthinder
- 5.12.4 Busskörfält i stadsmiljö – oskyddade trafikanter
- 5.12.5 Busskörfält i stadsmiljö – parkerade bilar i blandtrafik
- 5.12.6 Busskörfält i stadsmiljö – avbrott i busskörfält
- 5.12.7 Busskörfält i stadsmiljö – i ett längre perspektiv
- 5.12.8 Busskörfält på 60-väg – avbrott i busskörfält

5.12.1 Busskörfält på 60 – väg

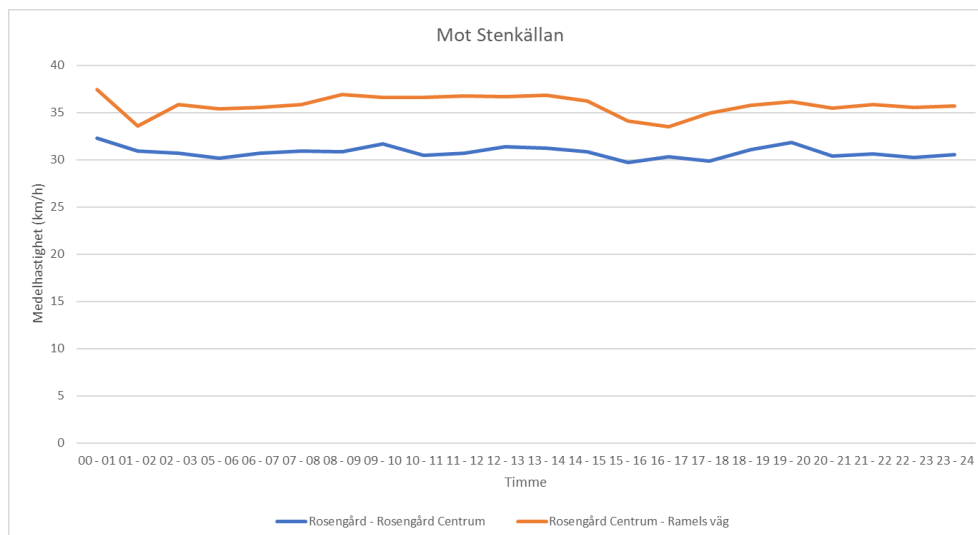
En sträcka mellan de tre hållplatserna Rosengård, Rosengård centrum och Ramels väg har valts ut för att studera effekten av *busskörfält på en 60-väg*. Hastigheterna som analyserats kommer ifrån MalmöExpressen.

Sträckans utformning: Mellan Rosengård och Rosengård centrum finns kontinuerliga busskörfält i båda riktningar, och mellan Rosengård centrum och Ramels väg finns inget busskörfält i någon riktning. På hela sträckan mellan Rosengård och Ramels väg är hastighetsbegränsningen 60 km/h och det finns två körfält i vardera riktningen. Det kan antas att flödet av bilar är relativt lika på de båda sträckorna eftersom de ligger efter varandra och inga större korsningar finns på vägen. Sträckan bedöms vara cirka 430 meter mellan Rosengård och Rosengård centrum, samt 530 meter mellan Rosengård centrum och Ramels väg.

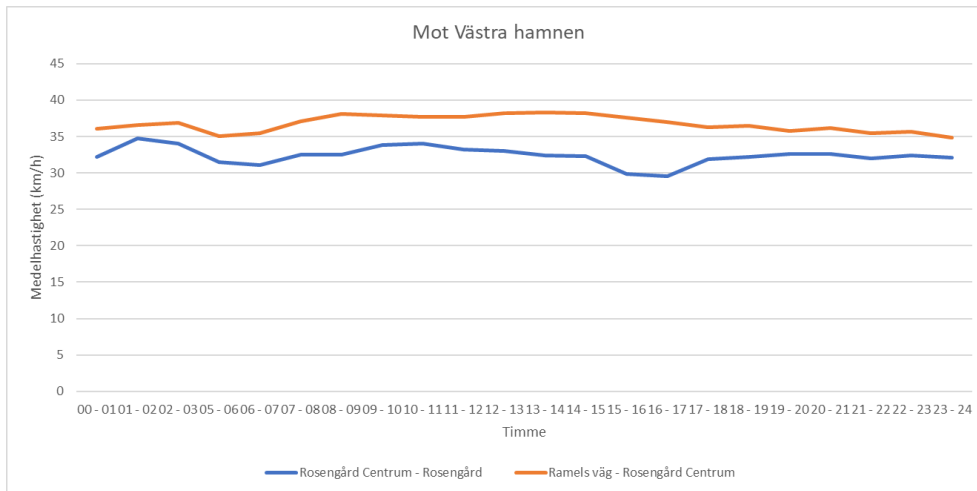
Tabell 21 beskriver hastighetsskillnader och medelhastigheter, samt timmarna med störst och minst skillnad. Siffrorna visar att medelhastigheten i busskörfält är lägre än medelhastigheten i blandtrafik, med en skillnad på 5 km/h. Vidare visar Figur 46 och 47 grafiskt hur hastighetsvariationen ser ut över dygnet.

Tabell 21. Timmar med störst respektive minst skillnad i medelhastighet i busskörfält och i blandtrafik, samt storleken på dessa. Även bussens medelhastighet i busskörfält respektive bussens medelhastighet i blandtrafik redovisas.

	Mot Stenkällan	Mot VH
Timme med störst skillnad	8–9, 10–12, 13–14	15–16
Timme med minst skillnad	16–17	19–20, 22–24
Störst hastighetsskillnad	-6 km/h	-8 km/h
Minst hastighetsskillnad	-3 km/h	-3 km/h
Medelhastighet i busskörfält	31 km/h	32 km/h
Medelhastighet i blandtrafik	36 km/h	37 km/h



Figur 46. Medelhastighet över dygnet för MalmöExpressen längs sträckorna Rosengård - Rosengård Centrum (busskörfält) och Rosengård Centrum - Ramels väg (blandtrafik), mot Stenkällan.



Figur 47. Medelhastighet över dygnet för MalmöExpressen längs sträckorna Rosengård Centrum – Rosengård (busskörfält) och Ramels väg – Rosengård Centrum (blandtrafik), mot Västra hamnen.

I Figur 46 och Figur 47 syns det att längs båda sträckorna är hastighetsfördelningen jämn över dygnet, både i busskörfält (blå) och i blandtrafik (orange). Då den blå linjen visar medelhastigheten i busskörfält, kan det konstateras att medelhastigheten är lägre i busskörfält än i blandtrafik under hela dygnet eftersom den blå linjen ligger under den orangea linjen.

5.12.2 Busskörfält i stadsmiljö – parkering höger om busskörfält

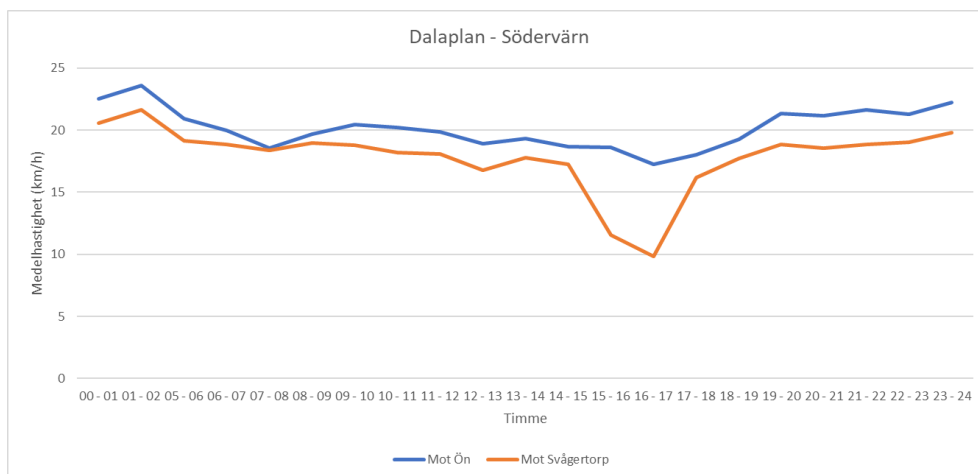
En sträcka mellan hållplatserna Dalaplan och hållplats Södervärn har valts ut för att studera *effekten av busskörfält när parkerade bilar finns till höger om busskörfältet*. Hastigheterna som analyserats kommer från linje 7.

Sträckans utformning: En del av sträckan (150 meter) mellan hållplats Dalaplan och hållplats Södervärn har endast busskörfält i norrgående riktning (mot Ön). I norrgående riktning finns även längsgående parkering på höger sida om busskörfältet. Bilar som ska in eller ut från parkering behöver därmed korsa busskörfältet. I södergående riktning finns endast ett körfält, tillgängligt för alla (blandtrafik). Busskörfältet är kontinuerligt.

Tabell 22 visar att medelhastigheten är högre i busskörfält än i blandtrafik, med en skillnad på 2 km/h. I Figur 48 visas hastighetsfördelningen grafiskt.

Tabell 22. Timmar med störst respektive minst skillnad i medelhastighet i busskörfält och i blandtrafik, samt storleken på dessa. Även bussens medelhastighet i busskörfält respektive bussens medelhastighet i blandtrafik redovisas.

	Dalaplan-Södervärn
Timme med störst skillnad	15–17
Timme med minst skillnad	07–08
Störst hastighetsskillnad	7 km/h
Minst hastighetsskillnad	0 km/h
Medelhastighet i busskörfält	20 km/h
Medelhastighet i blandtrafik	18 km/h



Figur 48. Medelhastighet över dygnet för linje 7 längs en del av sträckan mellan Dalaplan – Södervärn, i riktning mot Ön (busskörfält) respektive mot Svågertorp (blandtrafik).

Hastigheten i busskörfält (blålinje) är högre än hastigheten i blandtrafik (orange linje), under samtliga timmar förutom under en morgontimme. Längs sträckan är medelhastigheten relativt jämnt fördelat över dygnet, dock syns en tydlig sänkning av medelhastigheten mellan timme 15 och 17 för bussen som kör i blandtrafik, medan bussen i busskörfält inte påverkas nämnvärt.

5.12.3 Busskörfält i stadsmiljö – farthinder

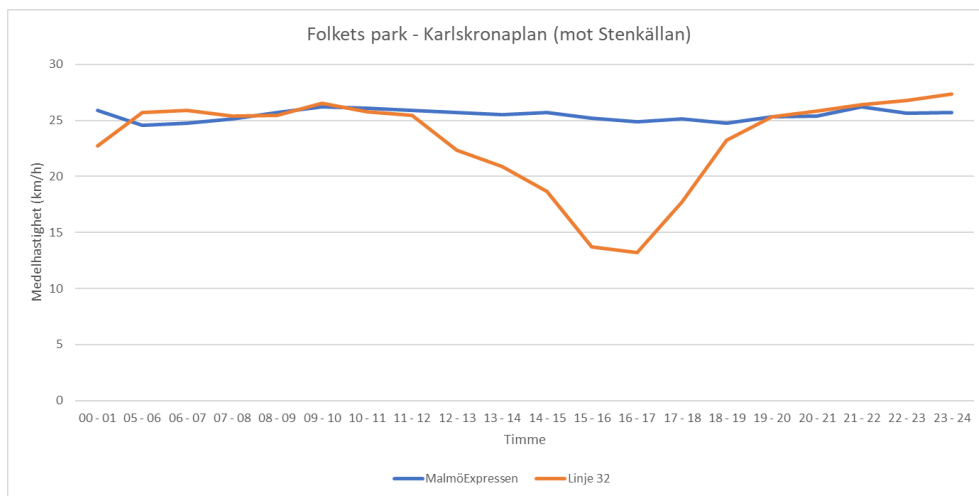
Sträckan mellan hållplats Folkets park och hållplats Karlskronaplan, längs Amiralsgatan, har valts ut för att undersöka *effekten av busskörfält i stadsmiljö, där farthinder är bortplockade*. Hastigheterna som analyserats kommer från MalmöExpressen och linje 32.

Sträckans utformning: Mellan Folkets park och Karlskronaplan, längs Amiralsgatan, kör MalmöExpressen och linje 32 parallellt. MalmöExpressen kör i ett mittförlagt kontinuerligt busskörfält, där inga farthinder finns. Linje 32 kör i ett parallellt körfält i blandtrafik där farthinder finns. Sträckan som analyserats börjar vid trafiksignalen i anslutning till hållplats Folkets park (MEX) och avslutas vid hållplatsen Karlskronaplan (linje 32). I både busskörfält och blandtrafik finns övergångställen.

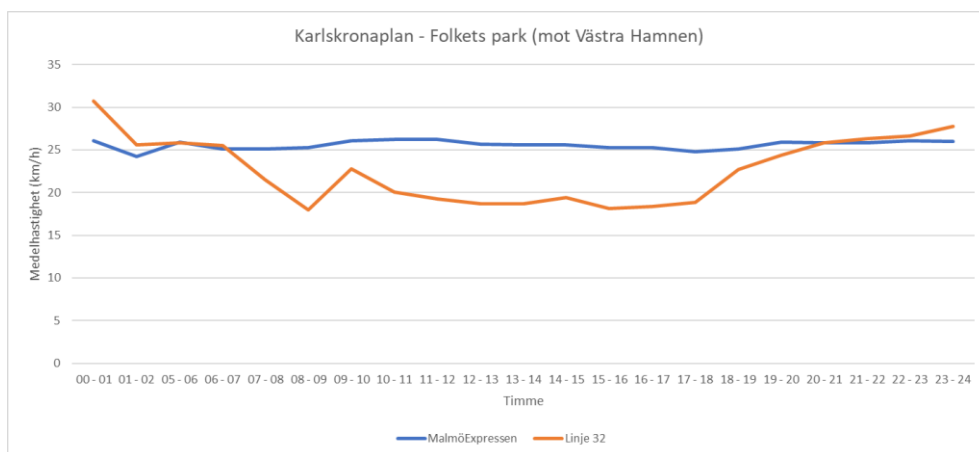
Tabell 23 visar att medelhastigheten är högre i busskörfält än i blandtrafik i båda riktningarna. Dock är hastighetsskillnaden i busskörfält jämfört med blandtrafik större i riktning Västra hamnen än i riktning Stenkällan (4 km/h jämfört med 2 km/h). Figur 49 och Figur 50 medelhastigheten över dygnet grafiskt.

Tabell 23. Timmar med störst respektive minst skillnad i medelhastighet i busskörfält och i blandtrafik, samt storleken på dessa. Även bussens medelhastighet i busskörfält respektive bussens medelhastighet i blandtrafik redovisas.

	Mot Stenkällan	Mot VH
Timme med störst skillnad	15–17	8–9, 11–14, 15–17
Timme med minst skillnad	07–12, 19–22	05–07, 20–22
Störst hastighetsskillnad	12 km/h	7 km/h
Minst hastighetsskillnad	0 km/h	0 km/h
Medelhastighet i busskörfält	25 km/h	26 km/h
Medelhastighet i blandtrafik	23 km/h	22 km/h



Figur 49. Medelhastighet över dygnet för sträckan Folkets park – Karlskronaplan (mot Stenkällan), för MalmöExpressen (busskörfält) respektive linje 32 (blandtrafik).



Figur 50. Medelhastighet över dygnet för sträckan Karlskronaplan – Folkets park (mot Västra hamnen), för MalmöExpressen (busskörfält) respektive linje 32 (blandtrafik).

De blå linjerna visar att busskörfältet bidrar till en mycket jämn hastighetsfördelning över dygnet. Bussen i busskörfältet (blå) har under större delen av dygnet en högre medelhastighet än bussen i blandtrafik (orange). I riktning Stenkällan finns en tydlig och stor nedgång i hastighet för bussen i blandtrafik under eftermiddagen. I riktning Västra hamnen finns en tydlig nedgång i hastighet i blandtrafik under längre tid, dock är nedgången inte lika stor.

5.12.4 Busskörfält i stadsmiljö – oskyddade trafikanter

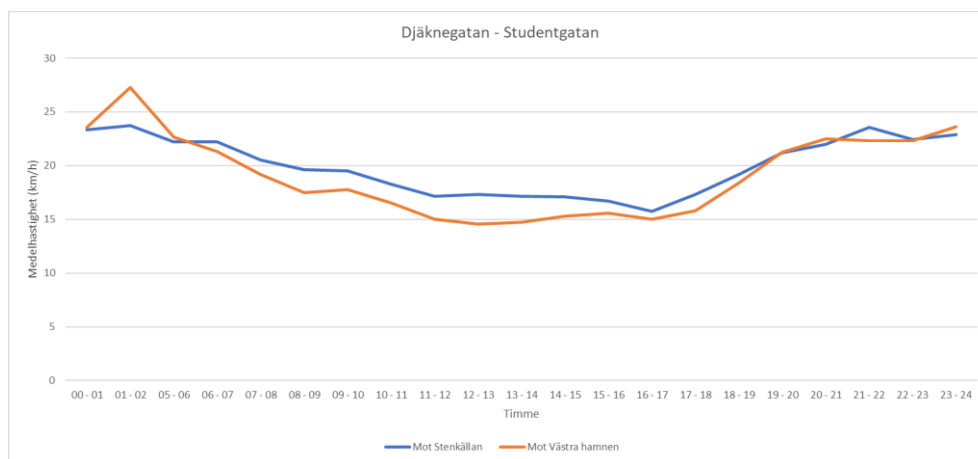
Sträckan mellan hållplats Djäknegatan och hållplats Studentgatan har valts ut för att studera effekten av busskörfält i stadsmiljö, där stor interaktion med oskyddade trafikanter finns. Hastigheterna som analyserats kommer från MalmöExpressen.

Sträckans utformning: Mellan hållplats Djäknegatan och hållplats Studentgatan finns det endast busskörfält i södergående riktning (mot Stenkällan). Det finns ett körfält i vardera riktningen och i södergående riktning kan därför endast bussar köra längs med gatan. Eftersom sträckan är helt parallell kan det antas finnas lika många korsningar, övergångsställen och farthinder. Busskörfältet är kontinuerligt.

Tabell 24 visar att busskörfältet har en marginell effekt på hastigheten; medelhastigheten i busskörfält är endast 1 km/h högre än medelhastigheten i blandtrafik. En grafisk tolkning av resultatet kan ses i Figur 51.

Tabell 24. Timmar med störst respektive minst skillnad i medelhastighet i busskörfält och i blandtrafik, samt storleken på dessa. Även bussens medelhastighet i busskörfält respektive bussens medelhastighet i blandtrafik redovisas.

	Djäknegatan-Studentgatan
Timme med störst skillnad	12–13
Timme med minst skillnad	05–06, 19–20
Störst hastighetsskillnad	3 km/h
Minst hastighetsskillnad	0 km/h
Medelhastighet i busskörfält	20 km/h
Medelhastighet i blandtrafik	19 km/h



Figur 51. Medelhastighet över dygnet för MalmöExpressen längs sträckan Djäknegatan – Studentgatan, i riktning mot Stenkällan (busskörfält) respektive mot Västra hamnen (blandtrafik).

Figur 51 visar att det längs med sträckan finns en tydlig variation i hastighet över dygnet i båda riktningarna. Det går att konstatera att bussen i busskörfältet (blå) har en marginellt högre medelhastighet under dagstimmarna, jämfört med bussen i blandtrafik (orange).

5.12.5 Busskörfält i stadsmiljö – parkerade bilar i blandtrafik

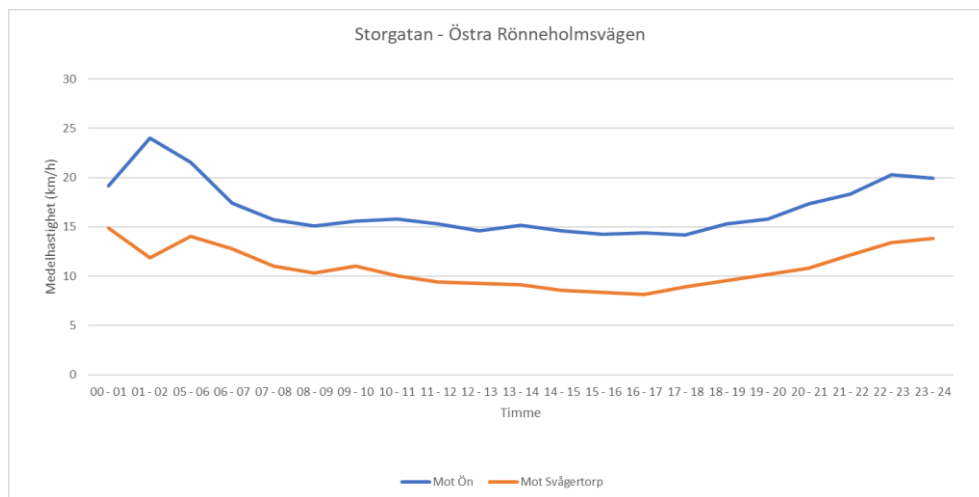
En del av sträckan mellan Storgatan och Östra Rönneholmsvägen (förbi hållplats Davidshall) har valts ut för att studera *effekten av busskörfält i stadsmiljö när parkerade bilar finns längs med körfältet i blandtrafik*. Hastigheterna som analyserats kommer från linje 7.

Sträckans utformning: Mellan Storgatan och Östra Rönneholmsvägen, förbi hållplats Davidshall, finns det endast busskörfält (delat med taxi och cykel) i norrgående riktning (mot Ön). I södergående riktning delar bussen körfält med bilar och även parkerade bilar finns längs med gatan. Busskörfältet är kontinuerligt.

Tabell 25 visar att det finns en markant högre hastighet i busskörfält än i blandtrafik, med en medelskillnad på 6 km/h och en största skillnad på 12 km/h. Nedan visas resultatet grafiskt i Figur 52.

Tabell 25. Timmar med störst respektive minst skillnad i medelhastighet i busskörfält och i blandtrafik, samt storleken på dessa. Även bussens medelhastighet i busskörfält respektive bussens medelhastighet i blandtrafik redovisas.

	Storgatan-Östra Rönneholmsvägen
Timme med störst skillnad	01–02
Timme med minst skillnad	00–01
Störst hastighetsskillnad	12 km/h
Minst hastighetsskillnad	4 km/h
Medelhastighet i busskörfält	17 km/h
Medelhastighet i blandtrafik	11 km/h



Figur 52. Medelhastighet över dygnet för linje 7, längs en del av sträckan Storgatan – Östra Rönneholmsvägen, i riktning mot Ön (busskörfält) respektive mot Svågertorp (blandtrafik).

Figur 52 visar att det finns en tydlig skillnad i medelhastighet mellan sträckorna, där busskörfältet bidrar till högre hastighet (blå linje). Variationen över dygnet följer samma mönster för både bussen i busskörfält och bussen i blandtrafik (orange linje).

5.12.6 Busskörfält i stadsmiljö – avbrott i busskörfält

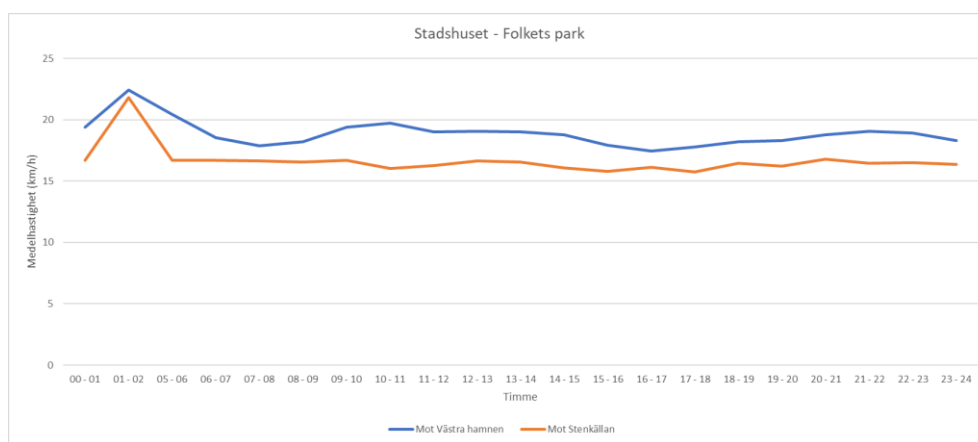
Sträckan mellan hållplats Stadshuset och hållplats Folkets park har valts för att studera *effekten av ett avbrott i busskörfält i stadsmiljö*. Hastigheterna som analyserats kommer från MalmöExpressen.

Sträckans utformning: I riktning mot Västra hamnen finns ett kontinuerligt busskörfält, medan det i riktning Stenkällan finns det ett avbrott i busskörfältet. Avbrottet finns mellan Amiralsgatans korsning med Föreningsgatan respektive Bergsgatan, och uppskattas vara runt 120 meter. Eftersom sträckan är rak och parallell är antalet signalkorsningar och övergångsställen lika många i båda riktningar.

Tabell 26 visar att hastigheten är något högre i det kontinuerliga busskörfältet än i busskörfältet med avbrott. Skillnaden är 2 km/h. I Figur 53 presenteras medelhastigheten över dygnet grafiskt.

Tabell 26. Timmar med störst respektive minst skillnad i medelhastighet i kontinuerligt busskörfält och i busskörfält med avbrott, samt storleken på dessa. Även bussens medelhastighet i kontinuerligt busskörfält respektive bussens medelhastighet i busskörfält med avbrott redovisas.

	Stadshuset-Folkets park
Timme med störst skillnad	05–06, 10–11
Timme med minst skillnad	01–02, 07–08, 16-17
Störst hastighetsskillnad	4 km/h
Minst hastighetsskillnad	1 km/h
Medelhastighet i kontinuerligt busskörfält	19 km/h
Medelhastighet i avbrutet busskörfält	17 km/h



Figur 53. Medelhastighet över dygnet för MalmöExpressen, längs sträckan Stadshuset – Folkets park, i riktning mot Västra hamnen (kontinuerligt busskörfält) respektive mot Stenkällan (avbrutet busskörfält).

Enligt figur 53 uppnås en något högre medelhastighet i det kontinuerliga busskörfältet (blå linje) jämfört med i busskörfältet med avbrott (orange linje). Det finns ingen större variation i medelhastighet över dygnet i någon av riktningarna.

5.12.7 Busskörfält i stadsmiljö – i ett längre perspektiv

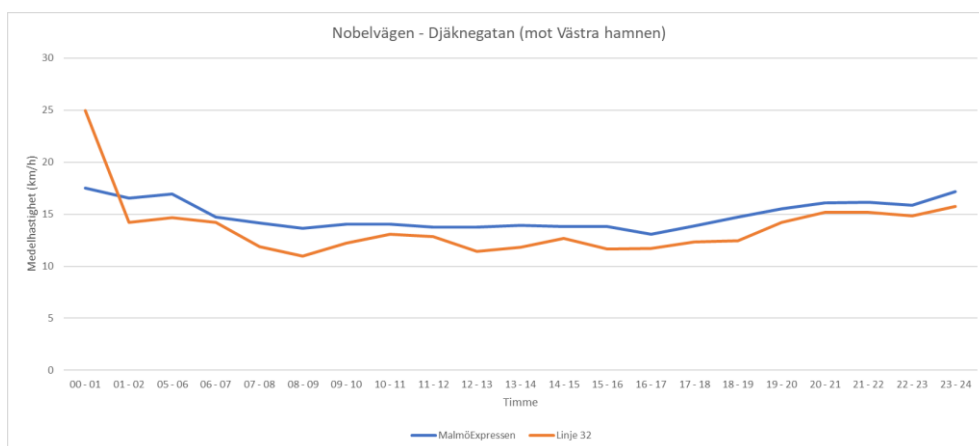
Sträckan mellan hållplats Djäknegatan och Amiralsgatans korsning med Nobelvägen har studerats för att undersöka *effekten av busskörfält i ett längre perspektiv*. Hastigheterna som analyserats kommer från MalmöExpressen och linje 32.

Sträckan utformning: Sträckan mellan hållplats Djäknegatan och Nobelvägen trafikeras av både MalmöExpressen och linje 32. Mellan hållplats Djäknegatan och korsningen Bergsgatan – Amiralsgatan kör bussarna samma väg, med helt eller delvis busskörfält. Efter korsningen Bergsgatan – Amiralsgatan och fram till korsningen Amiralsgatan – Nobelvägen, kör MalmöExpressen i ett mittförlagt busskörfält medan linje 32 delar körfält med övrig trafik.

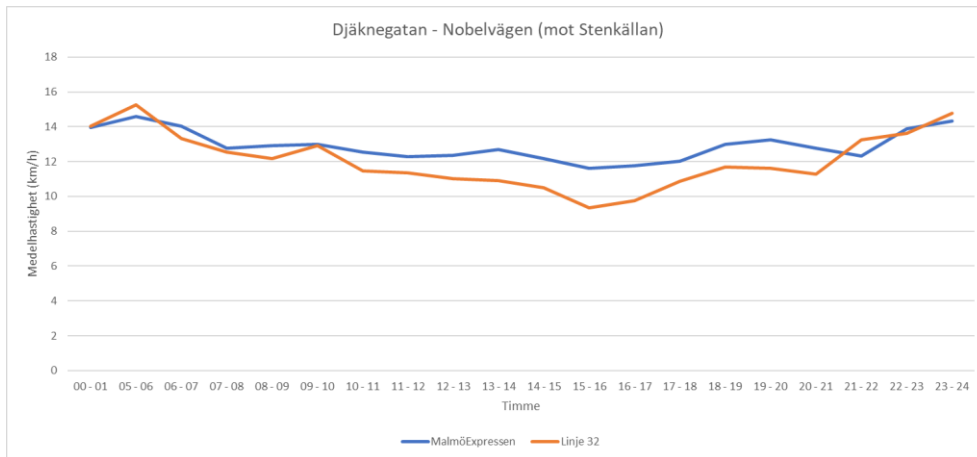
Tabell 27 visar att det endast finns en marginell effekt av det längre kontinuerliga busskörfältet jämfört med den parallella sträckan med delvis busskörfält. Skillnaden i medelhastighet är 1 km/h. Figur 54 och Figur 55 visar grafiskt hur medelhastigheten varierar över dygnet i de olika riktningarna.

Tabell 27. Timmar med störst respektive minst skillnad i medelhastighet i ett längre kontinuerligt busskörfält och längs en sträcka där det delvis finns busskörfält, samt storleken på dessa. Även bussens medelhastighet i busskörfält respektive bussens medelhastighet i blandtrafik redovisas.

	Mot Stenkällan	Mot VH
Timme med störst skillnad	13–17, 19–20	00–01
Timme med minst skillnad	00–01, 07–08, 09–10, 22–24	06–07, 10–12, 14–15, 16-17,19- 24
Störst hastighetsskillnad	2 km/	-7 km/h
Minst hastighetsskillnad	0 km/h	1 km/h
Medelhastighet i längre busskörfält	13 km/h	15 km/h
Medelhastighet i delvis busskörfält/blandtrafik	12 km/h	14 km/h



Figur 54. Medelhastighet över dygnet för sträckan Nobelvägen – Djäknegatan (mot Västra hamnen), för MalmöExpressen (längre busskörfält) respektive linje 32 (delvis busskörfält).



Figur 55. Medelhastighet över dygnet för sträckan Djäknegatan – Nobelvägen (mot Stenkällan), för MalmöExpressen (längre busskörfält) respektive linje 32 (delvis busskörfält).

Enligt Figur 54 och Figur 55 uppnås en högre medelhastighet för MalmöExpressen (blå), vilken kör i busskörfält en längre sträcka än linje 32 (orange), under de flesta timmarna under dygnet. I riktning Västra hamnen finns en jämn dygnsvariation för båda linjerna, medan i riktning Stenkällan finns en tydligare nedgång i medelhastighet för linje 32 (orange) under dagtid.

5.12.8 Busskörfält på 60-väg – avbrott i busskörfält

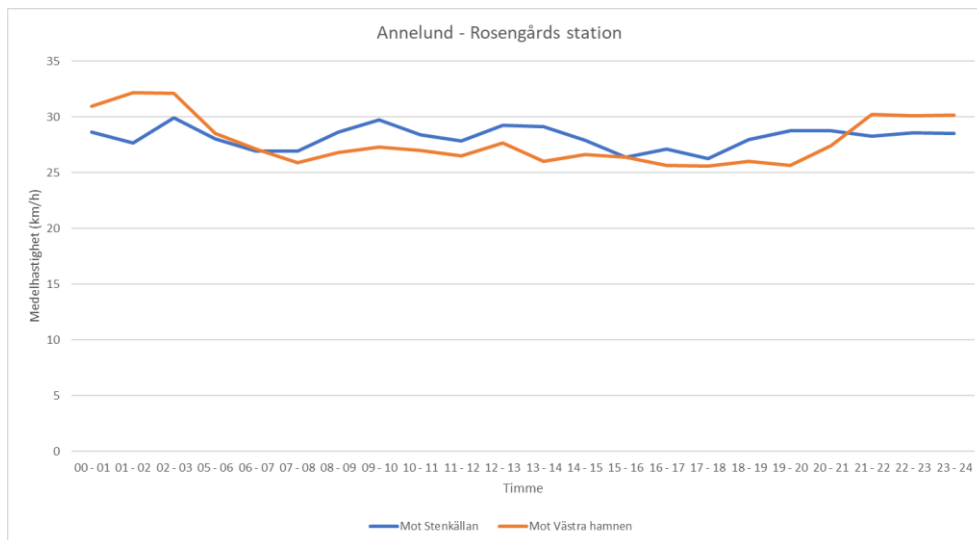
Sträckan mellan hållplats Rosengårds station och hållplats Annelund har undersökts för att studera *effekten av ett avbrott i busskörfält på 60-väg*. Endast hastigheterna under avbrottet har analyserats. Hastigheterna som analyserats kommer från MalmöExpressen.

Sträckan utformning: En del av sträckan mellan hållplats Annelund och hållplats Rosengårds station, längs med Amiralsgatan, har endast kontinuerligt busskörfält i riktning mot Stenkällan. Busskörfältets avbrott i riktning mot Västra hamnen uppskattas vara 220 meter.

I Tabell 28 går det att se att i busskörfältet är hastigheten 1 km/h högre än i blandtrafik, avbrottet i busskörfältet har alltså en marginell negativ påverkan. Figur 56 visar medelhastigheten över dygnet grafiskt.

Tabell 28. Timmar med störst respektive minst skillnad i medelhastighet i busskörfält och i blandtrafik, samt storleken av dessa. Även bussens medelhastighet i busskörfält respektive bussens medelhastighet i blandtrafik redovisas.

	Rosengårds station-Annelund
Timme med störst skillnad	13–14, 19–20
Timme med minst skillnad	06–07, 15–16
Störst hastighetsskillnad	3 km/h
Minst hastighetsskillnad	0 km/h
Medelhastighet i busskörfält	28 km/h
Medelhastighet i blandtrafik	27 km/h



Figur 56. Medelhastighet över dygnet för MalmöExpressen, på en del av sträckan Annelund – Rosengårds station, i riktning mot Stenkällan (busskörfält) respektive mot Västra hamnen (blandtrafik).

Enligt figur 56 är medelhastigheten i båda riktningarna relativt lika. Busskörfältet (blå) är fördelaktigt under de flesta timmarna under dagtid. En variation över dygnet kan ses för både bussen i busskörfält och i blandtrafik.

5.12.9 Sammanställning

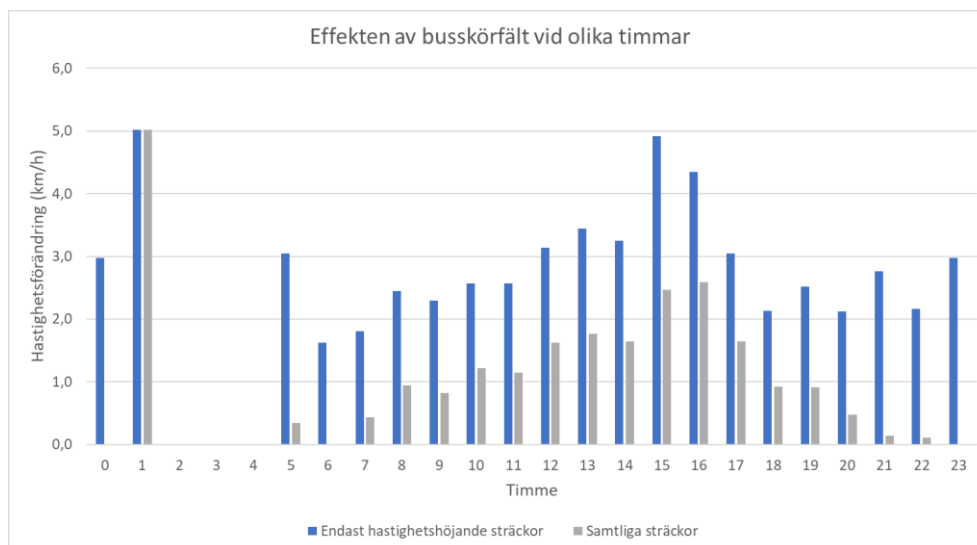
I Tabell 29 visas en sammanställning över samtliga studerade sträckor med busskörfält. För varje typ av sträcka ges en kommentar till hur busskörfältet påverkar hastigheten samt hur det påverkar hastighetsvariationen. För att kunna sätta de olika sträckorna i relation till varandra, har den förväntade tidsbesparingen per 100 meter för respektive sträcka beräknats. Negativa värden indikerar att ingen tidsbesparing görs med busskörfält.

Tabell 29. Förväntad tidsbesparing vid olika placering av busskörfält, baserat på skillnaden i medelhastighet i busskörfält och i blandtrafik i respektive miljö.

Sträcka/Miljö	Kommentar	Förväntad tidsbesparing per 100 meter (sekunder)
1.Busskörfält på 60-väg	Busskörfältet ger en lägre hastighet och i både busskörfält och blandtrafik är hastigheten över dygnet relativt jämn.	-1,6
2.Busskörfält i stadsmiljö – parkering höger om busskörfält	Det finns en relativt jämn hastighet över dygnet, med en liten sänkning under dagtid. Dock minskar hastigheten markant under eftermiddagsrusningen för bussen i blandtrafik.	2,0
3.Busskörfält i stadsmiljö – farthinder	Under eftermiddagsrusningen behåller bussen i busskörfältet sin höga hastighet medan bussen i blandtrafiks hastighet sjunker avsevärt. Hastigheten under resterande delen av dygnet är jämn och liknande i båda fall.	1,8
4.Busskörfält i stadsmiljö – oskyddade trafikanter	För både bussen i blandtrafik och för bussen i busskörfält varierar hastigheten kraftigt över dygnet och på ett liknande sätt i de båda fallen (linjerna i figuren följer varandra).	1,0
5.Busskörfält i stadsmiljö-parkerade bilar i blandtrafik	Medelhastigheterna för bussen i busskörfält respektive blandtrafik följer varandra över dygnet med en relativt konstant (ganska stor) skillnad. Det finns en tydlig sänkning i medelhastigheten under dagtid för de båda fallen.	11,6
6.Busskörfält i stadsmiljö – avbrott i busskörfält	Medelhastigheterna över dygnet är jämna för både bussen i busskörfält och för bussen i blandtrafik. Bussen i busskörfält har en lite högre medelhastighet över dygnet (kurvan ligger lite högre).	2,2
7.Busskörfält i stadsmiljö – i ett längre perspektiv	Relativt jämna hastigheter för både bussen i busskörfält och i blandtrafik. Dock finns det en liten större nedgång i medelhastigheten under dagtid för bussen i blandtrafik.	2,0
8.Busskörfält på 60 väg – avbrott i busskörfält	Relativt jämna hastigheter över dygnet för både bussen i busskörfält och i blandtrafik. Det går inte att urskilja en skillnad i hastighet mellan de båda fallen utan vilken som är högst och lägst varierar över dygnet.	0,5
Genomsnittlig tidsbesparing i busskörfält		2,8

Enligt sammanställningen i Tabell 29 kan det konstateras att störst tidsbesparing görs om busskörfält implementeras i stadsmiljö, där parkerade bilar finns längs med körfältet i blandtrafik (11,6 sekunder). Tidsbesparingen för övriga utformningar av busskörfält ligger ungefär i samma tidsintervall per 100 meter (0,5–2,2 sekunder). Att anlägga busskörfält på 60-väg väntas ge minst effekt, enligt studien skulle det till och med ge en negativ effekt. (-1,6 sekunder). Ett avbrott i busskörfält har större påverkan i de centrala delarna av staden. Den genomsnittliga tidsbesparingen som kan göras med hjälp av busskörfält, baserat på samtliga miljöer, är 2,8 sekunder per 100 meter.

För att titta på busskörfältens effekt mer ingående, visas i Figur 57 medelförändringen i hastighet som samtliga undersökta busskörfält bidrar till under dygnets olika timmar. Detta för att skapa en bild över vilka tider på dygnet det är mest fördelaktigt med busskörfält. Medelhastigheten över dygnet i busskörfält, vilket undersöktes i avsnitten ovan, ger endast en fingervisning om busskörfältet bidrar till högre hastigheter men det visar inte i detalj när på dygnet störst tidsbesparing kan göras. Då de undersökta busskörfälten i avsnittet ovan är utformade på olika vis, ger resultatet i Figur 57 en mer samlad bild över busskörfältens påverkan då samtliga utformningar av busskörfält tas hänsyn till samtidigt. De blå staplarna visar medelvärdet av hastighetshöjningen som busskörfält bidrar till vid respektive timme, endast baserat på de undersökta sträckor och timmar där busskörfält bidrar till högre hastighet. De grå staplarna visar det totala medelvärdet av hastighetsförändringen busskörfältet bidrar till, inkluderat de undersökta sträckor där busskörfältet bidrar till både högre och lägre hastighet vid den aktuella timmen. Timme 2–4 är bortplockade då endast enstaka busskörfält används under dessa timmar, mellan timme 5 och timme 1 bedrivs däremot trafik i samtliga busskörfält. Timme 0, 6 och 23 saknar en grå stapel, eftersom den totala hastighetsförändringen under dessa timmar är negativ, dvs. att hastigheten i allmänhet är lägre i busskörfält än i blandtrafik.



Figur 57. Hastighetsförändring på grund av busskörfält under dygnets olika timmar.

Om inte nattimmarna (0–1) tas hänsyn till, syns störst effekt av busskörfält, både baserat på endast hastighetshöjande sträckor och samtliga sträckor, vid timme 15 och timme 16, dvs. mellan kl. 15.00 och 17.00. Dessa timmar stämmer överens med timmarna för högtrafik. Även om timme 15 inte är definierad som högtrafik i rapporten (endast timme 16 och timme 17), kan höga trafikflöden väntas under eftermiddagen. Under morgonens högtrafik (07.00–08.30) syns bland de minsta effekterna av busskörfält, både sett till endast hastighetshöjande sträckor och sett till samtliga sträckor. De grå staplarna indikerar att busskörfälten inte

uppnår sin fulla potential, då dessa skulle varit i samma storlek som de blå staplarna i ett optimalt system.

5.13 Trafiksignaler

För att ta reda på hur stor fördröjning som uppstår när bussen ska passera trafiksignaler gjordes en analys av passagetider i Flowmapper. I Tabell 30 visas antalet signaler av varje typ längs MalmöExpressen och linje 7, i vardera riktningen. Den genomsnittliga fördröjningen som uppstår då bussen ska passera genom en trafiksignal, längs MalmöExpressen och längs linje 7, visas i Tabell 31. Det har gjorts en uppdelning mellan vanliga signaler i blandtrafik och kollektivtrafiksignaler, samt en uppdelning mellan signaler rakt fram och i sväng. I de fall det finns en hållplats i anslutning till den signalreglerade korsningen, har signalen antecknats separat under ”i signal vid hållplats”. Alla de trafiksignaler som ligger i anslutning till en hållplats på MalmöExpressen är kollektivtrafiksignaler. På linje 7 är samtliga signaler i samband med hållplats vanliga signaler.

Tabell 30. Antalet signaler på MalmöExpressen och linje 7, i respektive riktning.

	MalmöExpressen				Linje 7			
	Rakt fram		Sväng		Rakt fram		Sväng	
	Stenkällan	VH	Stenkällan	VH	Svåger-torp	Ön	Svåger-torp	Ön
Vanlig signal	8	7	3	1	7	8	5	4
Kollektivtrafiksignal	1	5	0	1	1	1	0	0
Signal vid hållplats	4	1	0	1	1	0	1	1

Tabell 31. Medelvärde av fördröjning vid olika signaler längs MalmöExpressen och linje 7. Även ett medelvärde av fördröjningen vid respektive typ av signal, baserat på både MalmöExpressen och linje 7, visas i kolumnen längst till höger.

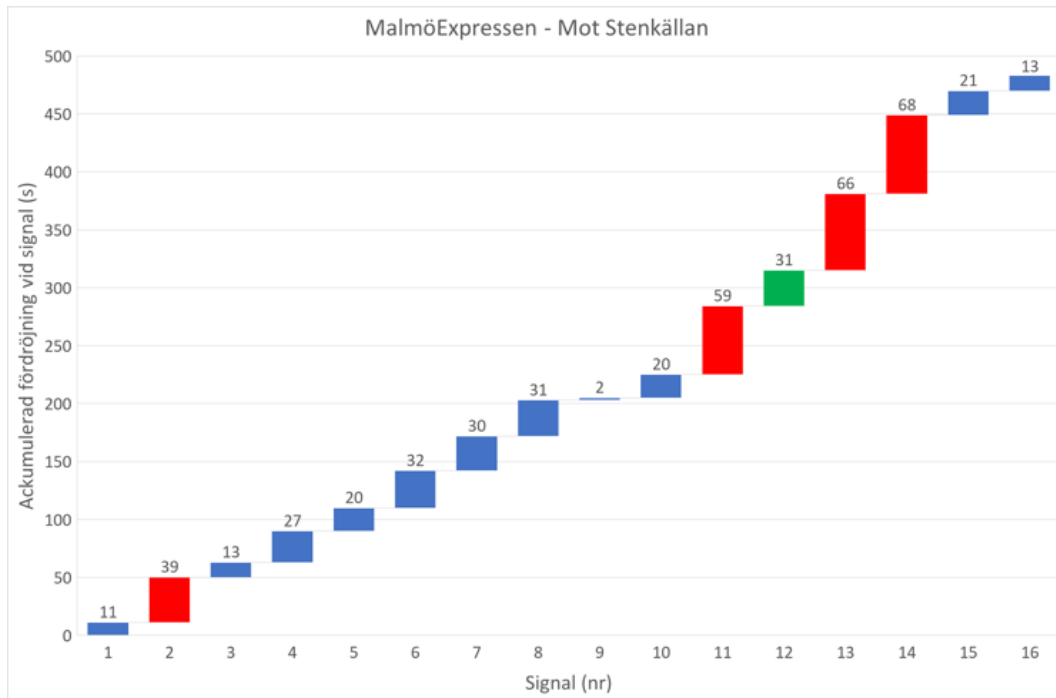
Medelvärde av fördröjning:	MEX		Linje 7		Medel	
	Rakt fram	Sväng	Rakt fram	Sväng	Rakt fram	Sväng
I vanlig signal (s)	16,9	22,3	28,5	25,1	22,7	23,7
I kollektivtrafiksignal (s)	31,0	30,0	25,5	-	28,3	30,0
I signal vid hållplats (s)	56,4	38,0	62,0	54,0	59,2	46,0
Medel (s)	34,8	30,1	38,7	39,6	36,7	34,9

Enligt Tabell 31 är signaler i samband med hållplats de mest tidskrävande signalerna. Detta eftersom bussen inte hinner detekteras i tid, då avståndet mellan hållplats och signal är för kort. Fenomenet observerades vid fältmätningarna och bekräftas av Malmö Stad och Ramboll (2018). Sett till medelvärdet för MalmöExpressen är fördröjningen i kollektivtrafiksignaler större än i vanliga signaler. Medelfördröjningen i en enskild signal, baserat på samtliga typer av signaler, är kortare på MalmöExpressen än på linje 7.

I Tabell 32 visas en sammanställning över den totala fördröjningen vid trafiksignaler längs MalmöExpressen och längs linje 7, i vardera riktningen. Även den totala fördröjningen vid respektive typ av signal visas. I Figur 58–61 visas den samlade fördröjningen grafiskt. Signal nummer ett representerar den första signalen på sträckan och nummer 2 den andra och så vidare fram till den sista signalen. Därav har samma signal ej samma numrering i de olika riktningarna. En notering bör göras om att på linje 7 skiljer sig antalet signaler i de olika riktningarna (15 respektive 14). Både för Tabell 32 och Figur 58–61 gäller att i signalkorsningarna som har en intilliggande hållplats inkluderas även delar av hållplatsstoppet, vilket ger fördröjningar från både signal och hållplatsstopp. Detta eftersom det inte gick att separera händelserna i dataverktyget, vilket måste tas hänsyn till vid avläsning.

Tabell 32. Sammanlagd fördröjning i sekunder i de olika riktningarna samt ett medelvärde för de båda riktningarna på MalmöExpressen respektive linje 7.

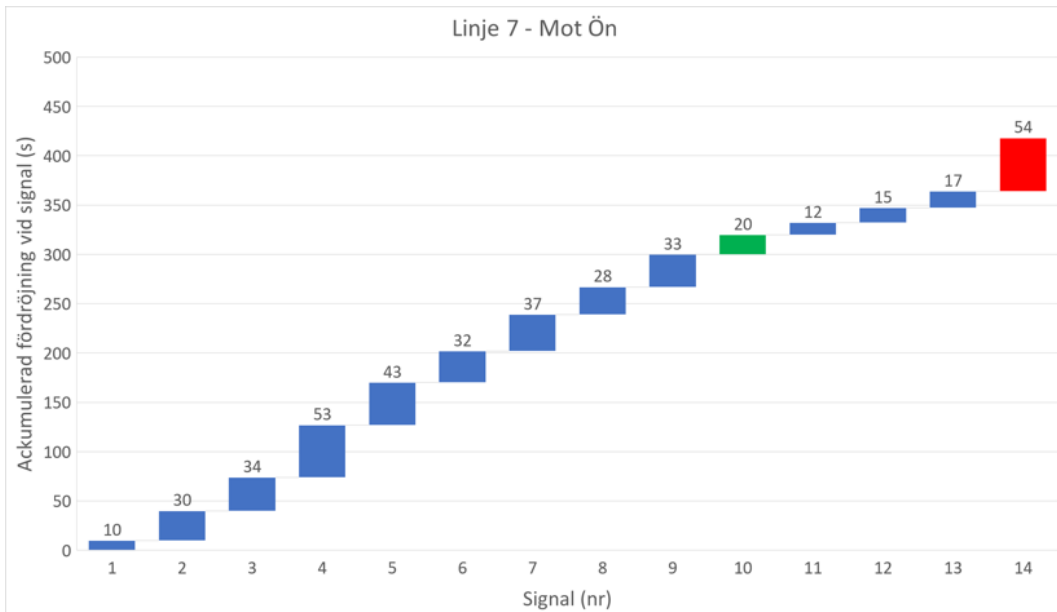
Riktning	MalmöExpressen		Linje 7	
	Stenkällan	Västra hamnen	Svågertorp	Ön
Total fördröjning vid vanlig signal (s)	220	123	309	344
Total fördröjning vid kollektivtrafik signal (s)	31	185	31	20
Total fördröjning vid signal i samband med hållplats (s)	232	88	116	54
Total fördröjning (s)	483	396	456	418
Medelfördröjning (s)	440		437	



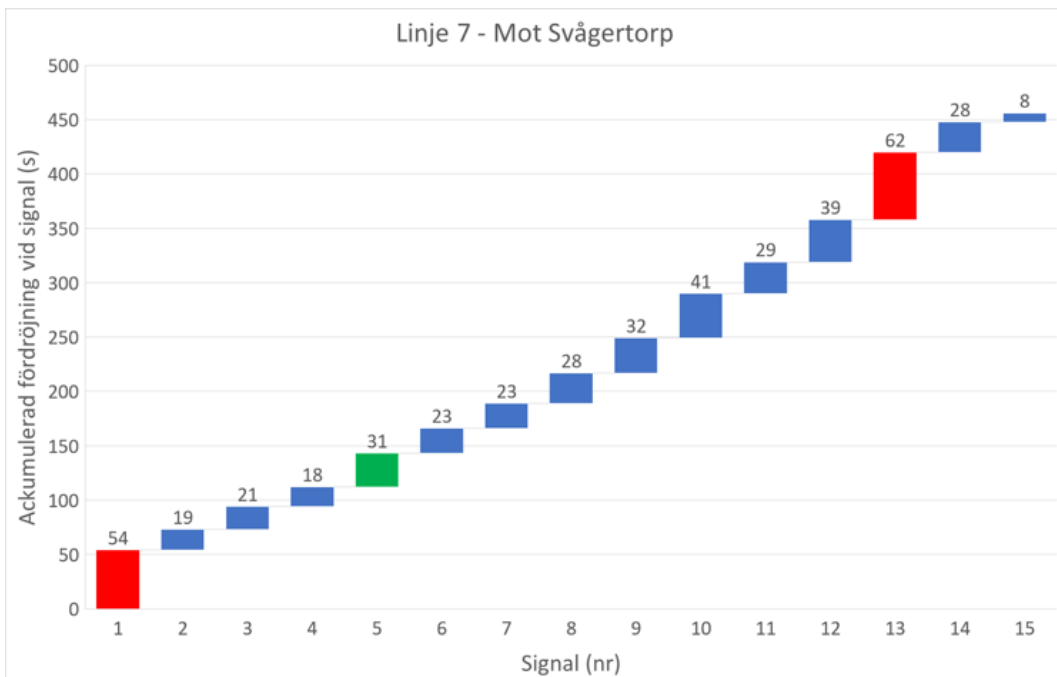
Figur 58. Fördröjningen i varje enskild signal längs MalmöExpressen i riktning Stenkällan. De olika färgerna representerar olika signaler; blå: vanlig signal, grön: kollektivtrafiksinal och röd: signal i samband med hållplats.



Figur 59. Fördröjningen i varje enskild signal längs MalmöExpressen i riktning Västra hamnen. De olika färgerna representerar olika signaler; blå: vanlig signal, grön: kollektivtrafiksinal och röd: signal i samband med hållplats.



Figur 60. Fördröjningen i varje enskild signal längs linje 7 i riktning Ön. De olika färgerna representerar olika signaler; blå: vanlig signal, grön: kollektivtrafiksignal och röd: signal i samband med hållplats.



Figur 61. Fördröjningen i varje enskild signal längs linje 7 i riktning Svågertorp. De olika färgerna representerar olika signaler; blå: vanlig signal, grön: kollektivtrafiksignal och röd: signal i samband med hållplats.

Den samlade fördröjningen vid trafiksignaler är störst längs MalmöExpressen, i riktning Stenkällan. Medelfördröjningen för en signal baserat på antalet signaler av respektive typ är 27,5 sekunder på MalmöExpressen och 29,1 sekunder på linje 7. För både MalmöExpressen och linje 7 är fördröjningen olika stor i de olika riktningarna, där den största variationen finns längs MalmöExpressen (nästan 100 sekunder, ungefär 1,5 minuter). Längs MalmöExpressen i riktning Stenkällan, vilken är riktningen med störst total fördröjning, finns fler signaler i samband med hållplats än i riktning Västra hamnen. I riktning Västra hamnen finns däremot fler kollektivtrafiksignaler jämfört med i riktning Stenkällan. Antalet signaler i samband med hållplats och antal kollektivtrafiksignaler på linje 7 är färre än på MalmöExpressen. Slutligen är den totala medelfördröjningen av signaler, i en riktning, i samma storlek för både MalmöExpressen och linje 7 (440 sekunder respektive 437 sekunder) vilket ger en fördröjning på 7,3 minuter i båda fallen.

5.14 Cirkulationsplatser

För att ta reda på hur stor fördröjning som uppstår när bussen ska ta sig igenom en cirkulationsplats gjordes en analys med data från Flowmapper. Cirkulationsplatsen i anslutning till ändhållplatsen Fullriggaren på MalmöExpressen har inte ingått i studien, på grund av väldigt låga hastigheter innan och efter cirkulation beroende på riktning. Således är samtliga cirkulationer i studien, cirkulationsplatser längs med linjen där bussen har normal hastighet innan och efter cirkulationen.

I Tabell 33 visas fördröjningarna i sekunder vid respektive cirkulationsplats på MalmöExpressen och linje 7. I tabellen visas även rondellradien som varje studerad cirkulationsplats har, samt bussens fördröjning i respektive riktning (beskrivet med ett /). ”Fördröjning rakt fram” innebär att bussen kör rakt fram i cirkulationen i båda riktningarna, och ”fördröjning höger/vänster” innebär att bussen svänger höger respektive vänster beroende på riktning.

Tabell 33. Fördröjning i varje cirkulationsplats, samt den totala medelfördröjningen av samtliga cirkulationsplatser längs MalmöExpressen respektive linje 7.

	1 (MEX)	2 (MEX)	3 (MEX)	1 (Linje 7)	2 (Linje 7)
Radie (m)	17	67	15	7	10
Fördröjning rakt fram (s)	12,4/11,4	20,8/15,2		9/9	12/12
Fördröjning höger/vänster (s)			10,6/14,6		
Medelfördröjning per cirkulation per linje (s)	14,2			10,5	
Total fördröjning (s)	42,5			21,0	
Medelfördröjning per cirkulation (s)	12,4				

Den totala fördröjningen är baserad på summan av de tre cirkulationernas respektive medelvärde, och beräknas vara 42,5 sekunder på MalmöExpressen i en riktning. Samma beräkning ger en total medelfördröjning på 21,0 sekunder på linje 7 per riktning. Resultatet visar att den största rondellradien ger störst fördröjning, medan den minsta rondellradien ger minst fördröjning. För rondellradier däremellan kan inget tydligt samband ses.

5.15 Farthinder och övergångsställen

För att ta reda på hur stor påverkan farthinder och övergångsställen har gjordes en analys i Flowmapper. I Tabell 34 visas fördröjningen som uppstår på grund av farthinder, övergångsställen och kombinerade farthinder och övergångsställen. Vid ”Övergångsställen (2 styck)” ligger två övergångsställen i nära anslutning till varandra till skillnad från ”Övergångsställe (1 styck)” som ligger ensamt.

Tabell 34. Medelvärde av fördröjningen vid olika typer av övergångsställen och farthinder längs MalmöExpressen respektive linje 7.

Medelvärde av fördröjning:	MEX	Linje 7	Medel
Övergångsställe (1 styck) (s)	1,1	1,1	1,1
Övergångsställe (2 stycken) (s)	2,7	2,5	2,6
Farthinder (s)	-	1,0	1,0
Kombinerat farthinder och övergångsställe (s)	9,5	3,1	6,3

Resultatet visar att sett till farthinder och övergångsställen, ger ett kombinerat farthinder störst fördröjning medan enbart farthinder ger minst fördröjning. Även övergångsställen har en relativt liten fördröjande effekt.

5.16 Sammanställning fallstudie

I Tabell 35 visas en sammanställning av samtliga mätningar gjorda i fallstudien. Tabellen anger vilken tidsbesparing som görs vid olika typer av åtgärder, samt hur stor fördröjning olika faktorer bidrar till.

Tabell 35. Övre delen visar en sammanställning över vilken tidsbesparing olika åtgärder bidrar till. Nedre delen av tabellen visar vilken fördröjning olika faktorer bidrar med.

	Genomsnittlig tidsbesparing (s/100m)	Genomsnittlig ökning av medelhastigheten (km/h)	Största tidsbesparing	Minsta tidsbesparing	
Busskörfält	2,8	0,9	Busskörfält i stadsmiljö med parkerade bilar längs med körfältet i blandtrafik	Busskörfält på 60-väg med avbrott i busskörfältet	
Hållplatsavstånd (om hållplatsavståndet ökar med 100 m)	0,03	0,04	Stor ökning av hållplatsavståndet	Liten ökning av hållplatsavståndet	
Genhet (om förhållandet minskar med 10 %)	2,1	1,7	Genheten är 1	Genheten närmar sig 2	
	Genomsnittlig fördröjning (s)	Största fördröjning (s)	Minsta fördröjning (s)	Största fördröjning	Minsta fördröjning
Hållplatsutformning	6,9	19,0	0	Hållplats i samband med kollektivtrafiksinal	Rak in- och utkörning utan hinder
Signalreglerad korsning	35,8	59,2	22,7	Signal i samband med hållplats	Signal rakt fram
Cirkulationsplats	12,4	20,8	9,0	Rakt fram, stor radie och hög hastighetsbegränsning	Rakt fram, liten radie och låg hastighetsbegränsning
Farthinder och övergångsställen	2,9	9,5	1,0	Kombinerat farthinder och övergångsställe	Farthinder
Biljettvalidering	2,4			-	-
Antal dörrar	1,4			4 dörrar	2 dörrar

Enligt Tabell 35 är det främst busskörfält, genheten mellan hållplatser och att implementera åtgärder i signalreglerade korsningar som skulle öka bussens hastighet. Detta då det enligt fallstudien är busskörfält och genheten mellan hållplatser som är de åtgärder som ger störst

effekt, och signalreglerade korsningar är det som fördröjer bussen mest. Enligt fallstudien skulle även tid kunna sparas genom att implementera åtgärder vid cirkulationsplatser och vid utformning av hållplats, då även dessa faktorer bidrar till en fördröjning.

6 Sammanställning av resultat

En sammanställning av resultatet beskrivs i detta kapitel och inleds med en jämförelse mellan åtgärder baserat på litteraturstudien och fallstudien. Därefter jämförs MalmöExpressen med linje 7 baserat på vilka fördröjningspunkter som finns på linjen, i syfte att beskriva skillnaden mellan en vanlig stadsbusslinje och en BRT-inspirerad linje. Till sist beskrivs vilka fördröjningspunkter som finns på MalmöExpressen samt vilka åtgärder som skulle förkorta restiden.

6.1 Litteraturstudie och fallstudie

I Tabell 36 beskrivs vilka åtgärder som har störst effekt utifrån en sammanvägning av både fallstudiens och litteraturstudiens resultat. I tabellen syns de studerade attributen under "Kategori" alltså korsningar, farthinder/övergångsställen, busskörfält, genhet, avstånd mellan hållplatser, hållplatsutformning samt biljettvalidering. Under "Typ av fördröjning/tidsbesparing" färgkodas varje lösning utefter hur mycket den bidrar till en minskad fördröjning eller ökad tidsbesparing. I fallet med busskörfält beskrivs var busskörfältet ska placeras för att ge störst respektive minst effekt. De olika kategorierna bör inte jämföras med varandra, utan typ av fördröjning/tidsbesparing bör jämföras inbördes inom varje kategori. Då åtgärder inom samma kategori är kodade med samma färg, bedöms dessa likvärdiga. Om fokus vid utformning av BRT-linjer läggs på mörk- eller ljusgröna lösningar, uppnås högst hastighet och därmed kortast restid.

Tabell 36. Sammanställning över hur stor fördröjning eller tidsbesparing olika faktorer bidrar till enligt både litteraturstudien och fallstudien. De olika färgerna representerar hur stor effekten bedöms att bli; mörkgrön: minimal fördröjning eller maximal tidsbesparing, ljusgrön: liten fördröjning eller stor tidsbesparing, gul: stor fördröjning eller liten tidsbesparing, och röd: maximal fördröjning eller minimal tidsbesparing.

Kategori	Typ av fördröjning/tidsbesparing		
Korsningar	Signalprioritet	Cirkulationsplats	Signalreglerad
Farthinder/övergångsställen	Farthinder	Övergångsställe	Kombinerat farthinder och övergångsställe
Busskörväg	Centrala delen (parkerade bilar i blandtrafik)	Stadsmiljö	Större väg
Genhet	1,0	1,3	1,7
Avstånd mellan hållplatser	800	600	400
Hållplatsutformning	Rak in- och utkörning utan hinder	Rak in- och utkörning med farthinder	I samband med kollektivtrafiksinal
Antal dörrar	2		4
Biljettvalidering	Validering utanför fordon	QR-kod	Kort

Resultatet visar att det inte alltid finns ett sämsta alternativ och ett bästa alternativ. Avståndet mellan hållplatser har en liten påverkan på medelhastigheten och likaså antalet dörrar. Däremot finns en tydlig skillnad mellan platser där busskörvägen ger god effekt och inte. Likaså har hållplatsutformningen en stor påverkan och det finns en stor skillnad mellan det bästa och sämsta alternativet. För ”Farthinder/övergångsställen” är det kombinerade farthindret mycket sämre än de övriga och för biljettvalidering är ”Validering utanför fordon” mycket bättre än de övriga alternativen.

6.2 Jämförelse mellan MalmöExpressen och linje 7

En jämförelse mellan fördröjningspunkterna på MalmöExpressen och linje 7 syns i Tabell 37. Fördröjningen baseras på genheten, hur stor andel av sträckan som är blandtrafik samt antalet signalkorsningar, cirkulationsplatser, farthinder, övergångsställen, kombinerade farthinder och övergångsställen och signalreglerade övergångsställen. Fördröjningen presenteras som den totala fördröjningen per kilometer baserat på de tidigare nämnda attributen. Antal per kilometer visar antalet av attributet som finns per kilometer och den genomsnittliga fördröjningen visar hur mycket en enskild fördröjningspunkt fördröjer. Slutligen har dessa multiplicerats för att ge den totala fördröjningen per kilometer, för varje attribut. I de fall den genomsnittliga fördröjningen per fördröjningspunkt skiljer sig mellan MalmöExpressen och linje 7 har en separering mellan linjerna gjorts under studien, och i de fall de är samma har en separering mellan linjerna inte gjorts. Hållplatsavståndet och antalet dörrar finns inte med då detta inte visade sig ha någon effekt på fördröjningen. Inte heller hållplatsutformningen är inkluderade då det inte genomfördes någon separat jämförelsestudie mellan MalmöExpressen och linje 7 på detta.

Tabell 37. Total fördröjning per kilometer längs MalmöExpressen och linje 7, baserat på resultatet från fallstudien.

	MalmöExpressen			Linje 7		
	Per km	Genomsnittlig fördröjning (s)	Total fördröjning per km (s)	Per km	Genomsnittlig fördröjning (s)	Total fördröjning per km (s)
Genomsnittlig genhet	1,1	11,5	11,5	1,1	11,5	11,5
Antal signalkorsningar/km	1,9	27,5	52,3	1,0	29,1	29,1
Antal cirkulationsplatser/km	0,5	14,2	7,1	0,1	10,5	1,1
Antal farthinder/km	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	0,1
Antal övergångsställen/km	2,7	1,1	3,0	3,1	1,1	3,4
Antal kombinerade farthinder och övergångsställen/km	0,6	9,5	5,7	0,9	3,1	2,8
Blandtrafik	45 %	28	12,6	82,5 %	28	23,1
Summa fördröjning			92,2			71,1

Resultatet visar att fördröjningen per kilometer är större för MalmöExpressen än linje 7, med en skillnad på 21,1 sekunder. Signalkorsningarna är den enskilt största fördröjningspunkten både för MalmöExpressen och linje 7, dock påverkar de i större utsträckning på MalmöExpressen. Detta tros bero på att det finns fler signaler i anslutning till en hållplats på MalmöExpressen än på linje 7. Det finns fler fördröjningspunkter på linjerna än de som tas

upp här, exempelvis cykelöverfarter och signalreglerade övergångsställen på linje 7. Den totala fördröjningen är alltså med stor sannolikhet högre än den beräknade.

I tabell 38 visas hur olika fördröjningspunkter bidrar till den totala omloppstiden. Omloppstiden för MalmöExpressen är 72 minuter, och omloppslängden är 17,2 km. Omloppstiden för linje 7 är 109 minuter, och omloppslängden är 29,6 km. Dessa tider och längder har kombinerats med resultatet i tabell 37, för att få fram fördröjningspunkternas andel av den totala omloppstiden.

Tabell 38. Andel av omloppstiden för olika fördröjningspunkter.

	MalmöExpressen	Linje 7
	Andel av omloppstiden (%)	Andel av omloppstiden (%)
Genhet	4,6	5,2
Signalkorsningar	20,8	13,2
Cirkulationsplatser	2,8	0,5
Farthinder	0,0	0,0
Övergångsställen	1,2	1,5
Kombinerade farthinder och övergångsställen/	2,3	1,3
Blandtrafik	5,0	10,5
Summa fördröjning	36,7	32,2

Resultatet visar att signalkorsningarna har den största påverkan på omloppstiden, både för MalmöExpressen och linje 7. Fördröjningspunkter utgör en stor andel av omloppstiden för båda linjerna. Andelen är dock större för MalmöExpressen än för linje 7.

6.3 Åtgärdsförslag

Baserat på fördröjningspunkterna längs med MalmöExpressen föreslås åtgärder som kan höja hastigheterna längs med linjen. I Tabell 39 och 40 visas medelhastigheten på MalmöExpressen för respektive länk där varje hastighet har färgkodats utefter hur hög den är. På länkar markerade med grönt uppnår bussen en hög medelhastighet medan den på rödmarkerade länkar uppnår en lägre hastighet. Därefter beskrivs vilka hastighetssänkande attribut som finns på länken samt vilka eventuella åtgärder som skulle kunna bidra till högre hastighet.

Tabell 39. Medelhastighet, hastighetssänkande attribut samt förslag på åtgärder längs MalmöExpressen, i riktning Stenkällan. Medelhastigheten är färgkodade enligt följande: röd <15 km/h, gul: 15-25 km/h, och grönt:> 25 km/h.

Från	Till	Medel-hastighet (km/h)	Hastighetssänkande attribut	Eventuella åtgärder
Fullriggaren	Ubåtshallen	19,9	Cirkulationsplats Övergångsställe	Väjning mot huvudled (bussen får företräde)
Ubåtshallen	Stapelbäddsparken	22,3	Signalkorsning	Cirkulationsplats/signal-prioritering
Stapelbäddsparken	Dockan	19,6	Cirkulationsplats Kombinerat farthinder och övergångsställe Övergångsställe	-
Dockan	Orkanen	19,7	Kollektivtrafiksinal vid hållplats Signalkorsning	Signalprioritering, tidigare detektering, eventuellt busshållplatsen (Dockan) tidigare
Orkanen	Anna Lindhs plats	16,7	Signalkorsning	-
Anna Lindhs plats	Centralen	13,5	Signalkorsning Två övergångsställen Trånga utrymmen, många oskyddade trafikanter	Tvår sväng i den signalreglerade korsningen, öka radien på denna
Centralen	Djäknegatan	13,8	Signalkorsning Tre övergångsställen Trånga utrymmen, många oskyddade trafikanter	-
Djäknegatan	Studentgatan	18,8	Fem övergångsställen Trånga utrymmen, många oskyddade trafikanter	Kontrollera att trafikreglerna efterlevs

Hur blir stadsbussen snabbare?

Från	Till	Medel- hastighet (km/h)	Hastighetssänkande attribut	Eventuella åtgärder
Studentgatan	Stadshuset	16,3	Signalkorsning Kombinerat farthinder och övergångsställe Trånga utrymmen, många oskyddade trafikanter	-
Stadshuset	Folkets park	18,1	Avbrott i busskörfält Tre signalkorsningar Mycket övrig trafik	Signalprioritering vid korsningen med Spångatan
Folkets park	Nobelorget	17,9	Korsning med kollektivtrafiksinal Kollektivtrafiksinal ut från hållplats Två övergångsställen	Signalprioritering, tidigare detektering, eventuellt busshållplatsen (Folkets park) tidigare
Nobelorget	Annelund	26,6	Kollektivtrafiksinal ut från hållplats Övergångsställe	Signalprioritering, tidigare detektering, eventuellt busshållplatsen (Nobelorget) tidigare
Annelund	Rosengårds station	22,8	Korsning med kollektivtrafiksinal Övergångsställe Kombinerat farthinder och övergångsställe	Signalprioritering, tidigare detektering, eventuellt busshållplatsen (Annelund) tidigare
Rosengårds station	Rosengård	21,4	Signalkorsning	-
Rosengård	Rosengård centrum	29,2	-	-
Rosengård centrum	Ramels väg	31,5	-	-
Ramels väg	Västra Skrävlinge	23,9	Två cirkulationsplatser Kombinerat farthinder och övergångsställe	-
Västra Skrävlinge	Buketten	27,5	Signalkorsning	-
Buketten	Stenkällan	21,9	-	-

Tabell 40. Medelhastighet, hastighetssänkande attribut samt förslag på åtgärder längs MalmöExpressen, i riktning Västra hamnen. Medelhastigheten är färgkodade enligt följande: röd <15 km/h, gul: 15-25 km/h, och grön:> 25 km/h.

Från	Till	Medel- hastighet (km/h)	Hastighetssänkande attribut	Eventuella lösningar
Stenkällan	Buketten	22,2	-	-
Buketten	Västra Skrävlinge	28,3	Signalkorsning	-
Västra Skrävlinge	Ramels väg	25,8	Två cirkulationsplatser Övergångsställe	-
Ramels väg	Rosengård centrum	31,2	-	-
Rosengård centrum	Rosengård	29,7	-	-
Rosengård	Rosengårds station	18,6	Korsning med kollektivtrafiksignal Kombinerat farthinder och övergångsställe	Signalprioritering
Rosengårds station	Annelund	19,8	Avbrott i busskörväg Korsning med kollektivtrafiksignal Övergångsställe	Signalprioritering
Annelund	Nobelorget	19,2	Korsning med kollektivtrafiksignal Två övergångsställen	Signalprioritering (tidigare detektering)
Nobelorget	Folkets park	19,1	Korsning med kollektivtrafiksignal Två övergångsställen	Signalprioritering (tidigare detektering)
Folkets park	Stadshuset	20,7	Kollektivtrafiksignal ut från hållplats Korsning med kollektivtrafiksignal Två signalkorsningar Mycket övrig trafik	Eventuellt busshållplatsen (Folkets park) tidigare Signalprioritering vid korsningen med Spångatan (vanlig signal)
Stadshuset	Studentgatan	16,1	Signalkorsning Kombinerat farthinder och övergångsställe Övergångsställe Trånga utrymmen, många oskyddade trafikanter	-

Hur blir stadsbussen snabbare?

Från	Till	Medelhastighet (km/h)	Hastighetssänkande attribut	Eventuella åtgärder
Studentgatan	Djäknegatan	18,7	Fem övergångsställen Trånga utrymmen, många oskyddade trafikanter	-
Djäknegatan	Centralen	15,4	Signalkorsning Tre övergångsställen Trånga utrymmen, många oskyddade trafikanter	-
Centralen	Anna Lindhs plats	21,0	Signalkorsning Två övergångsställen Trånga utrymmen, många oskyddade trafikanter	-
Anna Lindhs plats	Orkanen	18,2	Korsning med kollektivtrafiksignal	-
Orkanen	Dockan	18,8	Korsning med kollektivtrafiksignal Signalkorsning	Signalprioritering, tidigare detektering vid kollektivtrafiksignal
Dockan	Stapelbäddsparken	22,8	Cirkulationsplats Kombinerat farthinder och övergångsställe Övergångsställe	-
Stapelbäddsparken	Ubåtshallen	22,8	Signalkorsning	Cirkulationsplats/signalprioritering
Ubåtshallen	Fullriggaren	24,1	Cirkulationsplats Övergångsställe	Väjning mot huvudled (bussen får företräde)

Den främsta fördröjningspunkten är, som tidigare nämnts, signalreglerade korsningar och därför föreslås främst åtgärder för dessa. I vanliga signaler föreslås signalprioritering för att minimera bussens väntetid och vid kollektivtrafiksignaler föreslås tidigare detektering för att förhindra långa stopp. I Figur 62 visas två situationer där bussen ej hunnit detekteras och därmed får vänta vid signal, samtidigt som bilarna i det parallella körfältet har grönt ljus. I de fall det finns en busshållplats precis innan signalen skulle ett tidigareläggande av busshållplatsen möjliggöra för en tidigare detektering vilket skulle minska eller eliminera den tid bussen måste stanna vid ljuset.



Figur 62. MalmöExpressen väntar vid kollektivtrafiksignal medan bilarna har grönt, till vänster hållplats Dockan och till höger hållplats Folkets park.

I några fall har cirkulationsplatser föreslagits som alternativ till signalreglerade korsningar, dock har dessa andra problem så som försämrade komfort och ökat utrymmesbehov vilket måste tas hänsyn till. Utöver signalreglerade korsningar fördröjer även övergångsställen och farthinder. Dessa är främst anlagda utifrån trafiksäkerhetsaspekter och eftersom detta inte tagits hänsyn till i rapporten föreslås inga åtgärder för övergångsställen och farthinder. Exempelvis har det kombinerade övergångsstället och farthinder mellan Studentgatan och Stadshuset behållits för att hålla en hög trafiksäkerhet för de oskyddade trafikanterna.

Generellt finns det problem med att busskörfält inte är kontinuerliga och på vissa sträckor finns endast korta avsnitt med busskörfält. Busskörfältet varierar också mellan att vara sidoförlagt och mittförlagt, bland annat mellan Stadshuset och Folkets park. Detta innebär att bussen måste korsa körfält tillsammans med den övriga trafiken. Inga åtgärder har föreslagits i de centrala delarna eftersom detta kräver djupare analys, då en omfördelning av gatuutrymmet blir nödvändigt.

7 Diskussion och slutsatser

7.1 Metoddiskussion

7.1.1 Litteraturstudien

Bussars framkomlighet i stadsmiljö är ett välstuderat ämne och det finns mycket litteratur inom området. Genom litteraturstudien har det framgått att bussars framkomlighet är ett stort problem samtidigt som det finns en vilja att skapa bättre förutsättningar för bussar i stadsmiljö. Det finns mycket litteratur både från Sverige och från övriga delar av världen, dock kan det vara svårt att applicera resultat från andra delar av världen i ett svenskt perspektiv. Förutsättningarna mellan städer och länder skiljer sig åt sett till stadsutformning, befolkningens mängd och resvanor. Därför kan även resultat från en svensk stad vara svårt att applicera i en annan svensk stad. I de fall utländska studier användes var det främst för att det saknades en svensk likvärdig studie med samma syfte. En stor andel av litteraturen är relativt gammal vilket inom vissa områden kan ge felaktiga värden, exempelvis kan fordonen ha blivit bättre, trafikmängderna ökat och den digitala tekniken utvecklats. I de fall någon nyare studie inte har genomförts inom området har resultatet från den äldre litteraturen använts. Det finns såklart mer litteratur än den som studerats och viss intressant forskning kan ha missats.

I sammanställningen har det dragits generella slutsatser över hur mycket olika fördröjningsattribut påverkar och hur stor effekt olika åtgärder har. Eftersom förutsättningarna skiljer sig mellan olika platser kan det vara svårt att ta ett värde, generalisera detta och applicera det på alla liknande objekt. Exempelvis kan en cirkulationsplats skilja avsevärt i storlek, ha olika trafikmängd och olika skyltad hastighet vilket i stor utsträckning påverkar hur mycket en cirkulationsplats fördröjer bussen. Fordonsegenskaperna kan också påverka i hur stor utsträckning olika fördröjningsattribut påverkar. Dessa värden ska därför tolkas med viss försiktighet.

7.1.2 Fallstudien

Fallstudien bestod av fältmätningar samt analys av data från Skånetrafikens Qlikviewapplikation och Flowmapper. Under den tid data har samlats in, både till fältstudien och till Flowmapper, har hållplats Stapelbäddsparken varit avstängd i riktning mot Västra hamnen och hållplats Ubåtshallen har tillfälligt varit flyttad längre mot Fullriggaren, i riktning Stenkällan. Detta har gjort att normalfallet inte har kunnat studeras. Dock har inga djupare analyser genomförts på platsen och därför anses inte ombyggnationen påverkat resultatet i någon större utsträckning.

Fältmätningarna har varit tidskrävande vilket har lett till begränsningar i hur stort underlag som kunnat tas fram inom tiden för examensarbetet. Fokus har därför legat på att studera flertalet faktorer istället för att ha ett stort underlag. Under genomförandet av fältmätningarna uppstod några svårigheter. I fältmätningarna genomfördes en stor del av mätningarna med hjälp av tidtagare vilket påverkas av den mänskliga faktorn. Att starta och

stanna klockan vid exakt samma tidpunkt vid samtliga mätningar är svårt, vilket kan ha påverkat resultatet. Detta var tydligt märkbart vid studien över tiden för av- och påstigning då resenärerna på MalmöExpressen själva måste öppna dörren vilket ibland gjorde det svårt att se när tidtagaren skulle startas och stoppas. I studien över hållplatsutformning ingick flera olika bussar med olika egenskaper vilket gör att bussarna får olika lång sträcka att köra, detta gäller främst för MalmöExpressen, som är markant längre än övriga bussar.

Vid analys av hastighetsdata och passagetider har också en del svårigheter uppstått. När Skånetrafikens data i Qlikview skulle rensas från uppenbart felaktiga värden var det svårt att veta var gränserna skulle dras, vilket kan ha lett till att både höga och låga hastigheter som egentligen skulle varit med i studien plockades bort. Detta kan ha resulterat i att bussen i studien har fått en högre medelhastighet i de centrala delarna av staden och en lägre hastighet i de mer perifera delarna av staden. I Flowmapper uppstod andra svårigheter, ibland var det svårt att isolera en händelse när två fördröjningspunkter låg nära varandra vilket ibland har krävt antaganden. Vid beräkning av fördröjningstiden på grund av signalreglerade korsningar i anslutning till hållplats, har hållplatstiden delvis räknats in i fördröjningen eftersom det var för svårt att göra en rimlig uppskattning när bussen stänger sina dörrar och övergår till att vänta på tillstånd att köra. Det har även gjorts antaganden när normalfallet ska beräknas, då en uppskattning av vilken hastighet bussen skulle kunna hålla utan fördröjningspunkten var tvungen att göras.

Som tidigare nämnts var fältmätningarna tidskrävande, vilket gjorde att fler typer av mätningar med mindre underlag prioriterades över större underlag på färre mätningar. Det hade varit intressant att se om resultaten hade blivit annorlunda om ett större underlag funnits, vilket kan tänkas på till kommande studier. Även fler och andra jämförelser mellan faktorer hade varit intressant att göra om en liknande studie skulle göras framöver. Till exempel hade det varit intressant att göra en djupare jämförelse över busskörfält, och analysera hur stor skillnad det finns mellan olika placering av busskörfält och inte bara jämföra busskörfält med blandtrafik.

7.2 Resultatdiskussion

Det finns många fördröjningar och möjliga åtgärder i stadsbusstrafiken och det finns fler än de som studerats längs MalmöExpressen. Utifrån resultatet går det dock att få en uppfattning om vilka åtgärder som är mest effektiva och vilka fördröjningspunkter som påverkar mest. Resultatet ger också en fingervisning om var resurser bör läggas när nya BRT-inspirerade linjer ska planeras.

Ett av syftena med en BRT-inspirerad linje är att uppnå en kort restid och hög hastighet. Detta anses ofta uppnås genom busskörfält, och detta är även en av de främsta åtgärder som vidtagits på MalmöExpressen. Dock visar fallstudien över busskörfälts effekt på restiden att de ger en genomsnittlig tidsbesparing på 2,8 sekunder per 100 meter, den totala effekten är alltså relativt liten. Resultatet är svårt att jämföra med resultatet från litteraturstudien som presenterar tidsbesparingen som en procent av den totala restiden. Sjöstrand (2014) beskriver dock vikten av rätt placering för största möjliga effekt vilket bekräftas av resultatet från fallstudien. I de centrala och trängre delarna av staden ger busskörfältet en större positiv effekt på restiden. Störst tidsbesparing görs om busskörfältet anläggs i stadsmiljö, och minst tidsbesparing uppnås om busskörfältet anläggs på en 60-väg. Busskörfält kan dock ge andra positiva effekter utöver förkortad restid, så som jämnare hastighet över dygnet och ett jämnare körmönster. Däremot visar studien över när på dygnet busskörfältet har störst effekt, att busskörfältet inte alltid har störst effekt i högrafik. Detta står delvis i kontrast till Linderholms (2001) resonemang om att störst effekt av busskörfält kan ses i rusningstrafik.

Detta kan bero på att det under rusningstrafik finns en stor interaktion mellan bussen och oskyddade trafikanter, och denna interaktion är lika stor oavsett om bussen kör i busskörfält eller i blandtrafik. Det är även många signalreglerade korsningar i busskörfälten där prioriteringarna inte fungerar optimalt, vilket påverkar bussen negativt om det är mycket övrig trafik. Busskörfält ger dock en tydlig struktur i staden samtidigt som de ger bussen en tydlig prioritet i stadsrummet. Detta är viktiga aspekter för att skapa en linje som utmärker sig samtidigt som den är pålitlig.

Ytterligare en viktig aspekt av BRT-inspirerade linjer är tydlighet för resenärerna. På MalmöExpressen har inspiration hämtats från spårvagnarna och fordonen sticker ut från övriga fordon genom sin utformning. Bussarna har precis som tidigare beskrivits fyra dörrar, vilket är fler än på traditionella stadsbusslinjer. Fallstudien över av- och påstigningstiden visar att påstigningstiden vid en buss med två dörrar är kortare än vid en buss med fyra dörrar, trots att antalet påstigande är fler på bussarna med två dörrar. Detta står i kontrast till X2AB et al. (2015), SKL och Trafikverket (2012) samt Transportation Research Boards (2003) resultat som säger att fler dörrar leder till en minskad påstigningstid. Skillnaden i resultat kan bero på det minskade resandeunderlaget som uppstått som en följd av Coronapandemin, fyra dörrar hade troligtvis gett en större effekt om resandet hade varit större. Vid ett stort resande möjliggör fler dörrar för fler påstigande samtidigt, vilket skapar kortare påstigningstid. På några stadsbussar i Malmö öppnar passagerarna dörrarna själva ibland och på MalmöExpressen måste passagerarna alltid själva öppna dörrarna. Under studien observerades problem med dörröppningen som bidrog till förlängd av- och påstigningstid. Bland annat var det ibland svårt för resenärerna att öppna dörrarna vilket gjorde att de öppnades vid olika tillfällen och därmed förlängdes den sammanlagda tiden de var öppna. Vid några tillfällen hade nästan alla dörrar stängt när en resenär kom springande, öppnade en ny dörr och bussen var nu tvungen att vänta ytterligare tid på hållplatsen tills den sista dörren också stängdes. Utvärderingar behöver göras av effekten av dörrar som passagerarna öppnar själva, helst under normalt resande. Även om det inte finns en tidsvinst av flera dörrar med självöppning, kan det dock ytterligare separera den BRT-inspirerade linjen från övriga busslinjer samtidigt som det ger ytterligare en känsla av en spårvagn.

Påstigningstiden påverkas, utöver antalet dörrar, även av hur biljettvalideringen sker. På MalmöExpressen, och troligtvis på fler BRT-inspirerade linjer, finns ingen interaktion med busschauffören vilket innebär att det inte finns någon möjlighet att köpa biljett av föraren ombord. En stor andel av biljetterna på MalmöExpressen köps i mobilen och valideras genom QR-scanning. Under insamlingen av data observerades problem med valideringsfunktionen, många passagerare stod länge och försökte scanna sin biljett utan resultat vilket i vissa fall skapade en kö som förlängde påstigningstiden avsevärt. I de fall det fungerade problemfritt kunde scanningen dock gå relativt snabbt och en viss tidsvinst skulle kunna ses. Enligt fallstudien tar det i genomsnitt 2,43 sekunder att scanna en biljett genom QR-kod. Det är svårt att jämföra resultatet från fallstudien och litteraturstudien eftersom litteraturstudien inkluderar hela påstigningstiden. Skulle resultatet från fallstudien istället räknas om till total påstigningstid med validering genom QR-scanning, skulle 2,43 sekunder adderas med 0,9 (sekunderna det tar att stiga på en buss med fyra dörrar där biljetten inte valideras på fordonet) vilket ger en påstigningstid på cirka 3,3 sekunder. Detta är högre än den genomsnittliga tiden för påstigning med smartkort som enligt Transportation Research Board (2003) och Wendle (1997) ligger på 3,0 sekunder. Även om scanning av QR-koder inte ger någon genomsnittlig tidsbesparing underlättar mobilbiljetter för både chaufförer och resenärer, vilket också måste tas hänsyn till. Under litteraturstudien togs validering utanför fordon upp som en effektiv valideringsmetod. Denna metod skulle ge kortare påstigningstid än vid validering med QR-kod. Dock finns det andra problem med denna metod såsom fuskåkning, vilket kräver mer resurser i form av regelbundna kontroller.

Utöver antal dörrar och biljettvalidering påverkar även hållplatsutformningen hur lång tid hållplatsstoppet tar, dock är det oberoende av antalet passagerare. Längs MalmöExpressen har de allra flesta hållplatser rak in- och utkörning och är placerade i busskörväg. Denna utformning ger lägst tidsfördröjning vid hållplatsstopp enligt Linderholms (2004) och Xiadongs et al. (2017) studie över hållplatsutformning. Utformningen i busskörvägen vid inkörning ser ungefär likadan ut vid de flesta hållplatser enligt fallstudien, dock är variationen större vid utkörningen. Det är vid utkörningen det finns störst potential för förbättringar som minskar restiden. På de platser där bussen måste interagera med andra fordon, vid körvägsbyten, skiljer sig utkörningstiden som mest mellan hög- och lågtrafik även om skillnaden är relativt liten. Den allra längsta utkörningstiden återfinns i samband med kollektivtrafiksignaler. Vid mätningarna observerades att busschauffören var tvungen att köra fram till signalen för att bli detekterad och sedan vänta vid korsningen för att denna ska tömmas. Detta leder till fler retardationer, stopp och accelerationer vilket påverkar restiden. Hade bussen detekterats tidigare hade korsningen kunnat tömmas tidigare, vilket hade gjort att bussen inte behövt stå still lika länge vid kollektivtrafiksignalen. I den lästa litteraturen nämns inte problematiken med hållplats i anslutning till signal, dock har även Malmö Stad och Ramboll (2018) observerat fenomenet. Fenomenet bör vara ett problem även på andra platser, och inte bara längs MalmöExpressen. En tidigarelagd busshållplats krävs för att kunna skapa tidigare detektering eftersom det är för svårt att avgöra hur lång tid bussen kommer att stå still på hållplatsen. Det är lättare att uppskatta hur lång tid det tar för bussen att köra en viss sträcka i busskörväg och på så sätt ställa in signalerna efter denna tid.

De främsta fördröjningspunkter som är kvar efter att MalmöExpressen introducerades är signalreglerade korsningar, cirkulationsplatser samt övergångsställen och farthinder. Signalreglerade korsningar påverkar i hög grad bussen, dock är det stor skillnad mellan olika trafiksignaler. Vanliga signalreglerade korsningar fördröjer enligt fallstudien 23,2 sekunder vilket ligger i linje med Wenldes (1997) resultat på mellan 22 och 30 sekunder. Detta är en stor fördröjningspunkt, däremot är kollektivtrafiksignaler avsevärt sämre, de fördröjer cirka 29,2 sekunder enligt fallstudien. Det finns dock en fördel med kollektivtrafiksignaler och det är att bussen kommer ut ensam efter en kollektivtrafiksignal, vilket leder till minskad interaktion med övrig trafik en stund efter signalen. Genom samtal med verksamma trafikplanerare har problem med signalprioritering lyfts. Det är svårt att ge bussen full prioritet i ett system som inte har fokus på att helt prioritera och gynna bussen. Intressekonflikter med andra trafikanter, främst cyklister och fotgängare, uppkommer vid full prioritering av bussen. Många gånger kommer också bussar från flera håll in i samma korsning vilket kan leda till att vissa bussar fördröjs när andra prioriteras.

Den andra studerade korsningsutformningen, cirkulationsplatser, fördröjer enligt Andersson et al. (1998) mellan 3 och 9 sekunder vilket stämmer väl överens med resultatet från fallstudien. I författarnas studie gick det att se ett tydligt samband mellan fördröjningen och rondellradien. Det gick det inte att se något sådant samband i fallstudien vilket kan bero på både omkringliggande trafik och skyltad hastighet. Generellt påverkar cirkulationsplatser i lägre utsträckning bussens hastighet i jämförelse med signalreglerade korsningar. För resenärernas och chaufförernas komfort är cirkulationsplatser dock inte att föredra då de i hög grad försämrar komforten. Den lösning som finns för bussar i cirkulationsplatser bygger på att bussen ska rakt fram samt att den går i ett mittförlagt busskörväg. Längs med MalmöExpressen finns det få platser där det skulle vara möjligt att genomföra denna lösning. Det finns få cirkulationsplatser i de centrala delarna på grund av det stora utrymmesbehovet, och på den plats det finns cirkulationsplats ska bussen svänga höger eller vänster. Efter Rosengård, mot Stenkällan, finns dock två stora cirkulationsplatser efter varandra men att genomföra prioritering här blir svårt eftersom bussen inte går i ett mittförlagt busskörväg.

På grund av komfortskäl har de flesta farthinder längs med MalmöExpressen tagits bort, de få farthinder som finns kvar är farthinder i kombination med övergångsställe och/eller inför

cirkulationer. Fördröjningen på grund av ett enskilt farthinder utifrån fallstudien är 1,0 sekunder vilket är avsevärt mindre än vad Andersson et al. (1998) skriver i sin rapport, mellan 10 och 30 sekunder. Skillnaden kan bero på att farthindren har anpassats längs med linje 7 genom exempelvis längre ramper. Det kan också vara så att stadsbussarna håller en relativt låg hastighet, och om hastigheten hade varit högre hade bussen varit tvungen att sänka sin hastighet mer och därmed påverkats av farthindret i större utsträckning. Eftersom det inte fanns något vanligt farthinder längs med MalmöExpressen kan inte någon slutsats om fördröjningen längs med den specifika linjen dras. Fördröjningen kan dock antas vara i samma storleksordning som på linje 7, eventuellt lite större på grund av fordonets storlek. Enskilda övergångsställen är inte möjliga att ta bort i samma utsträckning och det finns därför flera längs med linjen. Det enskilda övergångsstället fördröjer dock endast 1,1 sekund vilket alltså inte kan anses påverka bussens hastighet i någon större utsträckning. Enligt fallstudien fördröjer det kombinerade farthindret och övergångsstället bussen som mest, totalt 6,3 sekunder (9,5 sekunder på MalmöExpressen). Farthindren och övergångsställena bedöms dock på det stora hela inte vara särskilt tidskrävande. De ligger ofta i anslutning till cirkulationsplatser och hållplatser vilket gör att de i lägre utsträckning påverkar bussens hastighet. Det är dock många yttre faktorer som påverkar i hur hög grad farthinder och övergångsställen bidrar till fördröjningen, däribland bussens hastighet och antalet oskyddade trafikanter på övergångsställena. MalmöExpressen går till stor del i de centrala delarna av staden vilket gör att bussen inte kommer upp i de hastigheter som bussen kan passera anpassade farthindren i, enligt Skånetrafiken (2000), 20–30 km/h. Övergångsställen måste finnas kvar för att människor ska kunna passera över gatan på ett tryggt sätt och dessa kan därför inte plockas bort. I vissa fall är det också motiverat med ett kombinerat farthinder och övergångsställe för att säkra låga hastigheter kring de oskyddade trafikanterna. Detta i kombination med övergångsställenas ringa påverkan på restiden, bör inte fokus ligga på att minska antalet farthinder och övergångsställen ur ett tidsperspektiv. Dock är det viktigt både för komforten och busschaufförernas arbetsmiljö att ha så få farthinder som möjligt.

Två aspekter som också påverkar bussens hastighet som har undersökts är genhet och hållplatsavstånd. Enligt Vuchic (2007) finns ett samband mellan ökat hållplatsavstånd och ökad medelhastighet. Fallstudien över hållplatsavstånd och hastighet visar dock inte på något samband mellan de två. Att fallstudien inte visar på något samband kan bero på att underlaget är för litet. Det kan också bero på att MalmöExpressen till stora delar går genom områden som inte möjliggör högre hastigheter, vilket gör att ett längre hållplatsavstånd inte ökar hastigheten. Enligt X2AB ska ett BRT-system ha ett hållplatsavstånd mellan 500 och 800 meter vilket inte uppfyllts på MalmöExpressen, där det genomsnittliga hållplatsavståndet är 460 meter. Trots litteraturens argument om att hållplatsavståndet (inte specifikt för BRT-linjer) har betydelse för hastigheten, finns en oenighet mellan författarna om vilket det optimala avståndet är. Nielsen et al. (2005) menar att mellan 600 och 800 meter är det optimala avståndet, medan X2AB et al. (2015) menar att mellan 400 och 500 meter (alternativt längre än 800 meter) är det optimala avståndet. Detta kan också vara en förklaring till varför inget samband kan ses i fallstudien; oenigheten om vad som är optimalt avstånd. Utifrån fallstudien finns det inte några incitament för att öka hållplatsavståndet, dock finns inga längre hållplatsavstånd på MalmöExpressen som kunde undersökas. Troligtvis hade ett avsevärt längre hållplatsavstånd ändå haft en viss effekt på medelhastigheten. Ett längre hållplatsavstånd leder till färre hållplatser, vilket innebär färre hållplatsstopp (retardationer, stillaståendetid och accelerationer). Men precis som Transportation Research Board (2003) säger bör en avvägning göras, då färre stopp bidrar till längre stillaståendetid, antaget oförändrat resande.

Fallstudien visar däremot att det finns ett samband mellan genhet och medelhastighet vilket bekräftas av X2AB et al. (2015). Utifrån fallstudien sparas i genomsnitt 2,1 sekunder per 100 meter om genhetstalet minskar med 0,1 vilket ger en genomsnittlig tidsbesparing på 8

sekunder mellan två hållplatser som har ett hållplatsavstånd på 400 meter. Resultatet bör tolkas med viss försiktighet eftersom de höga genhetstalen främst förekommer i de centrala delarna där det generellt är lägre hastigheter. Det kan finnas en viss vinst i att öka genheten, dock behöver noggrannare studier göras där områden med olika förutsättningar separeras.

Sammanfattningsvis så finns det inga tecken på att den studerade BRT-inspirerade linjen, MalmöExpressen går snabbare än den traditionella linjen, linje 7. MalmöExpressen har i många avseenden fler och mer tidskrävande fördröjningspunkter än linje 7, medelhastigheten är också högre på linje 7 än på MalmöExpressen. Det kan finnas flera möjliga förklaringar till detta. Bland annat går MalmöExpressen till största delen i de centrala delarna medan linje 7 även trafikerar vägar med högre hastigheter. Utöver detta är troligtvis antalet resenärer på MalmöExpressen högre än på linje 7 vilket påverkar hållplatstiderna. Det finns dock flera åtgärder som hade kunnat genomföras på MalmöExpressen för att förkorta restiden däribland busskörfält i de trängre delarna av staden, längre avstånd mellan hållplats och signalreglerad korsning och signalprioritering för bussen.

Rekommendationer till fortsatt forskning

Fallstudien har fokuserat på samtliga fördröjningsaspekter och eventuella lösningar som finns på MalmöExpressen. Studien har inte analyserat enskilda faktorer på djupet, utan översiktligt studerat ett flertal faktorer istället. Under arbetet med litteraturstudien upptäcktes en bristande, djupgående kunskap i hur vissa specifika faktorer påverkar restiden.

Följande frågeställningar skulle, baserat på fallstudien, behöva studeras noggrannare för att utveckla kunskapen inom området ytterligare:

- Vilket är det optimala avståndet att placera hållplatsen i förhållande till en signalkorsning för att bussen ska hinna detekteras vid signal?
- Hur påverkar antalet dörrar av- och påstigningstiden? Finns vinster att göra med fler dörrar, när resandet är mer likt det normala?
- Djupare analyser av busskörfält. Hur påverkas busskörfältets effekt av avbrott i busskörfält? Fördjupade jämförelse mellan timmar, placering och avbrottens påverkan.
- Till vilken grad är det möjligt att prioritera bussen i trånga stadsmiljöer?

7.3 Slutsats

MalmöExpressen byggdes med målet om att skapa en stombildande stadsbusstrafik med korta restider. Det förstnämnda har till stor del genomförts framgångsrikt, de långa bussarna gör att linjen sticker ut från de övriga och på en stor del av sträckan finns busskörfält som signalerar bussens prioritet i gaturummet. Idag kan brister ses längs med linjen som hade kunnat undvikas om noggrannare planering hade genomförts. En tydlig sådan är bristen på signalprioritet i signalreglerade korsningar. Effekten på restiden hade kunnat bli större om signalprioritering genomförts fullt ut i de signalreglerade korsningarna. På många platser har möjligheten till signalprioritering tagits bort när hållplatserna placerades intill korsningarna. Inför planering av ytterligare expressbusslinjer bör korsningar där möjlighet till signalprioritering finns, tas hänsyn till tidigt i processen för att möjliggöra för ett införande av signalprioritering. En ytterligare brist längs med linjen är bristen på kontinuitet i busskörfälten. Idag finns busskörfälten endast på ungefär hälften av sträckan. För att få ut maximal effekt hade hårdare prioritering av gaturummet behövt göras. Det är främst på de sträckor där det redan finns fler än två vanliga körfält som ett har tagits i anspråk och konverterats till ett busskörfält. På de allra trängsta delarna av sträckan där bussen är i störst behov av prioritering saknas busskörfält. Minskad framkomlighet för bilen är oundvikligt om bussen ska kunna prioriteras fullt ut.

För att få resenärer att välja kollektiva färdmedel måste framförallt kollektivtrafiken förbättras. Restriktionerna för biltrafik måste också öka för att möjliggöra prioritering av kollektivtrafik. Restiden är inte allt, det finns flera andra aspekter som också är viktiga för att skapa en attraktiv kollektivtrafik, däribland pålitlighet. Åtgärder med annat syfte än att minska restiden kan ge andra fördelar som också måste vägas in. Hänsyn måste även tas till kostnaden för de olika alternativen och kostnaden måste alltid vägas mot nyttan. En gemensam nämnare för att skapa attraktiva stadsbusslinjer är dock noggrann planering och tydlig prioritering.

Med avstamp i studien som gjorts kan följande rekommendationer ges för vidare implementering av BRT-inspirerade stadsbusslinjer:

- Noggrann implementering av signalprioritering på samtliga ställen som inte anses omöjliga, bussen måste prioriteras över biltrafiken om effekt ska uppnås.
- Noggrann utvärdering av avståndet mellan hållplats och signalreglerad korsning, för att möjliggöra tidig detektering.
- Noggrann planering av placering av busskörfält och fokusering på kontinuerliga sådana.
- En samsyn för hela systemet. För att omvandla en busslinje till BRT-linje, måste hela linjenätet ses över för att undvika att punktåtgärder på BRT-linjen blir effektlösa.

Referenser

- Arhin, S., Noel, E., Anderson, M.F., Williams, L. Ribisso, A. & Stinson, R. (2016). Optimization of transit total bus stop time models. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, ss. 144-153.
- Andersson, P-G., Gibrand, M. & Kottenhoff, K. (2009). *Bus Rapid Transit – kunskapssammanställning med identifiering av forskningsfrågor*. Stockholm: KTH Trafik & Logistik och Trivector Traffic AB.
- Andersson, P-G., Ljungberg, C., Hammarström, J. & Wendle, B. (1998) *Högprioriterade bussystem* (KFB-Rapport 1998:30). Lund: Trivector.
- Brilon, W. & Laubert, W. (1994). Priority for Public Transit in Germany. *Journal of Advanced Transportation*, 28(3), ss. 313-340. <https://doi.org/10.1002/atr.5670280309>
- Bösch, S. & Hansson, J. (2010). *Superbussar-ett högklassigt regionalt bussystem i Nordostskåne* (Rapport 2010:73). Lund: Trivector Traffic. https://www.trivector.se/wp-content/uploads/2019/09/2010_73_superbussar_101221_skickat.pdf
- Davidson, B. & Patel, R. (1991). *Forskningsmetodikens grunder. Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. 3. uppl., Lund: Studentlitteratur.
- Edeva (u.å). *Actibump i korthet*. https://files.edeva.se/brochures/swedish/about_actibump_se.pdf
- Einarsson, K. & Brorson, T. (2020). *Utvärdering av olika farthinder på Malmös huvudgator - en jämförelsestudie*. Examensarbete, Lund: Institutionen för Teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg, Lunds universitet.
- Enquist, B. (2016). *Kollektivtrafik som transformativ kraft för levande och hållbara städer* (2016:19). Karlstad universitet. Fakulteten för humaniora och samhällsvetenskap. Centrum för tjänsteforskning. <http://kau.diva-portal.org/smash/get/diva2:913762/FULLTEXT01.pdf>
- Finn, B., Hedebaut, O., Rabuel, S. & Rambaud F. (2010). The European Bus with a High Level of Service (BHLS): Concept and Practice. *Built Environment*, 36 (3), ss. 307-316.
- Frøyland, P., Simonsen, S. & Ristesund, Ø. (2016). *Plassering og utforming av kollektivfelt* (Statens Vegvesens Rapporter Nr. 519). Oslo: Statens Vegvesen.
- Guenther, R.P. & Sinha, K.C. (1983). Modeling Bus Delays due to Passenger Boardings and Alightings. I Transport Research Board (red.) *Urban buses: Planning and Operations*. Washington, D.C, ss. 7-13.
- Gårder, P. (1982). *Busstrafik och gupp*. Lunds Universitet. Lunds Tekniska Högskola. Teknik och samhälle. Trafik och väg.
- Hidalgo, D. & Muñoz, J. (2013). Workshop 2: Bus rapid transit as part of enhanced service provision. *Research in Transportation Economics* 39(1), ss. 104-107.

- Holmberg, B. (2008). Kollektivtrafik. I Hydén, C. (red.) *Trafiken i den hållbara staden*. Lund: Studentlitteratur, ss. 243-314.
- Holmberg, B. (2013). *Ökad andel kollektivtrafik – hur? En kunskapsammanställning*. Lunds Universitet. Lunds Tekniska Högskola. Teknik och samhälle. Trafik och väg. Bulletin 286.
https://www.k2centrum.se/sites/default/files/fields/field_uppladdad_rapport/okad_andel_kollektivtrafik.pdf
- Hultén, J., Paulsson, A., Holmberg, B., Scholten, C., Ronnle, E., Pettersson, F., Paulsson G., Svensson H., Ryan J., Stjernborg V. & Hamisi Z. (2016). *Förändrade förutsättningar för framtidens kollektivtrafik* (K2 Working Papers 2016:8).
- K2, Statens vegvesen & Urbanet Analyse. (2017). *Kollektivtrafik, utmaningar, möjligheter och lösningar för tätorter*. kollektivtrafik_utmaningar_mojligheter_och_losningar_for_tatorter.pdf (k2centrum.se)
- Kronborg, P. (2011). *Flaskhalsar för busstrafiken i Stockholms län* (2011:097). Sundbyberg: Trafikverket.
https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11250/RelatedFiles/2011_097_flaskhalsar_for_busstrafiken_i_stockholms_lan.pdf
- Kronborg, P. & Davidsson, F. (2004) *Adaptiv styrning av Stockholms trafiksinaler*. Stockholm: Movea Trafikkonsult AB. <https://www.yumpu.com/sv/document/read/36054161/adaptiv-styrning-av-stockholms-trafiksinaler-movea-trafikkonsult-ab>
- Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien (IVA) (2017). *Den urbana utvecklingens drivkrafter och konsekvenser*. Stockholm: Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien.
<https://www.iva.se/globalassets/info-trycksaker/framtidens-goda-stad/framtidensgodastad-urbanisering-b.pdf>
- Levinson, H.S. (1983). Analyzing Transit Travel Time Performance. I Transport Research Board (red.) *Urban buses: Planning and Operations*. Washington, D.C, ss. 1-6.
- Levinson, H.S., Zimmerman, S., Clinger, J. & Rutherford, S.C. (2002). Bus Rapid Transit: An Overview. *Journal of Public Transportation*, 5(2), ss.1-30.
- Levinson, H.S., Zimmerman, S., Clinger, J. & Gast, J. (2003) Bus Rapid Transit: Synthesis of case studies. *Transportation Research Record*, 184 (1), ss.1-11.
- Lindau, L.A., Hidalgo, D. & Facchini, D. (2010). Bus Rapid Transit in Curitiba, Brazil: A Look at the Outcome After 35 Years of Bus Oriented Development. *Transportation Research Record*, 2193 (1), ss. 17-27.
- Linderholm, L. (2001). *Bussprioritering. Effekter på framkomlighet och säkerhet*. Trivector Traffic AB.
https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11251/RelatedFiles/2001_2_bussprioritet_effekter_pa_framkomlighet_och_sakerhet_kortversion.pdf
- Linderholm, L. (2004). *Busshållplatser i tätort – effekter på framkomlighet och säkerhet vid olika utformning*. Trivector Traffic AB.
- Linderholm, L., Bengtsson, J. & Backström, L. (2006). *Mätning av farthinders funktion - utveckling av metod för studier av åkkomfort*. Lund: Trivector Traffic AB.
https://www.trafikverket.se/contentassets/ad87195c9a434655b30f23c0bc0ac9ac/matning_av_farthinder_s_funktion.pdf

- Malmö stad (2021). *Nya kollektivtrafikstråk*. <https://malmo.se/Service/Var-stad-och-var-omgivning/Stadsplanering-och-strategier/Storstadspaketet/Nya-MalmoExpresslinjer/Nya-MalmoExpressen.html> [2021-04-07]
- Malmö Stad (u.å). *Befolkning*. <https://malmo.se/Fakta-och-statistik/Befolkning.html> [2021-06-02]
- Naturvårdsverket (2021). *Transporterna och miljön*. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Transporter-och-trafik/> [2021-02-03]
- Nielsen, G., Nelson JD., Mulley C., Tegnér G., Lind G & Lange T. (2005). *Public transport - Planning the networks. HiTrans Best practice guide*. Stavanger: Rogaland Fylkeskommune. <http://www.crow.nl/documents/13359.aspx>
- Odbacke, F (2018). *Bedömningsverktyg för svensk BRT – Redskap för planering och utvärdering av högkvalitativa bussystem i Sverige*. Examensarbete, Lund: Institutionen för Teknik och samhälle, Lunds Tekniska högskola, Lunds universitet.
- OpenStreetMap (2021). <https://www.openstreetmap.org/#map=9/55.4569/13.1256> [2021-05-06]
- Palm, F. (2013). *Framkomlighet för stads- och regionbuss – Analys av fördröjningspunkter i Lunds tätort*. Examensarbete, Lund: Institutionen för Teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet.
- Region Skåne (2018). *Så reser vi i Malmö kommun – Resvaneundersökningen 2018*. Region Skåne.
- Ramboll & Malmö stad (2018). *Utvärdering av MalmöExpressen-Trafiktekniska effekter*. Malmö Ramboll och Malmö stad.
- Raux, C. (2003). *A systems dynamics model for the urban travel system* (AET. European Transport Conference 2003 – ETC 2003, Strasbourg, 2003). London.
- A systems dynamics model for the urban travel system (archives-ouvertes.fr)
- SFS 2007:90. *Vägmärkesförrordning*. Stockholm: Infrastrukturdepartementet.
- Sjöstrand, H., Fält, S., Neergaard, K., Persson, A. & Indebetou, L. (2014). *Nyttan med busskörfält* (Rapport 2014:56). Göteborg: Trivector. https://www.trafikverket.se/contentassets/bcbf384c057145ababba23382b0d6834/rapport_busskorfalt_kv_3_2014.pdf
- Skånetrafiken (2000). *Bussar och Lugna gatan-kör snabbt utan att det går fort*. https://www.trivector.se/wp-content/uploads/2019/09/bussar_lugnagatan.pdf
- Skånetrafiken (u.å a). *Linjekarta Malmö*. https://www.skanetrafiken.se/globalassets/kartor/linjekartor/malmo_ombordkarta.pdf [2021-04-21]
- Skånetrafiken (u.å b). *Tidtabeller linje 5 Västra hamnen-Stenkällan*. https://www.skanetrafiken.se/tidtabeller/Stadsbuss/201213_210612/Stadsbuss_Malmo_5_201213_210612.pdf [2021-04-01]

Skånetrafiken (u.å c). *Tidtabell linje 7 Svågertorp-Ön*.

https://www.skanetrafiken.se/tidtabeller/Stadsbuss/201213_210612/Stadsbuss_Malmo_7_201213_210612.pdf [2021-04-16]

Surprenant-Legault, J. & El-Geneidy, A. M. (2011). Introduction of Reserved Bus Lane: Impact on Bus Running Time and On-Time Performance. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2218 (1), ss. 10-18.

Svensson, T. & Hedström, R. (2003). *Hastighetsdämpande åtgärder och integrerad stadsplanering - En litteraturstudie* (VTI meddelande 946). Linköping: VTI.

Sveriges kommuner och landsting (SKL) & Vägverket (2008). *Rätt fart i staden-handbok för hastighetsnivåer i en attraktiv stad* (Publikation 2008:54). SKL & Vägverket.

Sveriges kommuner och landsting (SKL) och Trafikverket (2012). *Kol-TRAST – Planeringshandbok för en attraktiv och effektiv kollektivtrafik*. SKL & Vägverket.

Sveriges kommuner och landsting (SKL) & Trafikverket (2015). *TRAST Underlag till handbok*. SKL & Vägverket.

Tammergård, F. (2019). *Intelligent styrning av trafiksignaler*. Examensarbete, Linköping: Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling, Linköpings universitet.

Towliat, M. (2001). *Effects of safety measures for pedestrians and cyclists at crossing facilities on arterial roads*. Lunds Universitet. Lunds Tekniska Högskola. Teknik och samhälle. Trafik och väg. Bulletin 195.

Trafikverket (2014). *Bussar och gupp - Utgångspunkter, avsikter och fakta*. Trafikverket.

[https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11820/RelatedFiles/2014_126_bussar_och_gupp_utgangspunkter_avsikter_och_fakta.pdf)

[SE/11820/RelatedFiles/2014_126_bussar_och_gupp_utgangspunkter_avsikter_och_fakta.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11820/RelatedFiles/2014_126_bussar_och_gupp_utgangspunkter_avsikter_och_fakta.pdf)

Trafikverket (2019). *Bygg om eller bygg nytt, kapitel 10 Kollektivtrafik*. Borlänge: Trafikverket.

https://www.trafikverket.se/contentassets/0ebc841761f74f56b31c6eba59511bca/bygg-om/kapitel_10_kollektivtrafik_190401.pdf

Trafikverket (2020). *Farthinder på enskild väg*. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Enskilda-vagar/Underhall-av-enskild-vag/farthinder-pa-enskild-vag/> [2021-02-23]

Trafikverket (2021). *Råd – VGU, Vägar och gators utformning* (Publikation 2021:003). Borlänge: Trafikverket.

Transportation Research Board (2003). *Transit Capacity and Quality of Service Manual. 2nd Edition*. Washington D.C: Transportation Research Board.

TCRP REPORT 100: Transit Capacity and Quality of Service Manua, 2nd Edition (imentaraddod.com)

Transportstyrelsen (2008). *D10. Påbudet körfält eller körbana för fordon i linjetrafik m.fl.*

<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Vagmarken/Pabudsmarken/Pabudet-korfalt-eller-korbana-for-fordon-i-linjetrafik-mfl/> [2021-01-27]

Transportstyrelsen (2009). *Trafiksignaler*.

<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Vagmarken/Trafiksignaler/> [2021-05-07]

- Tuveri, G., Garau, M., Sottile, E., Pintor, L., Gravellu, M., Atzori, L. & Meloni, I. (2019). *Automating Ticket Validation: A Key Strategy for Fare Clearing and Service Planning (2019 6th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS))*. doi: 10.1109/MTITS.2019.8883318
- Vuchic, V.R, Bruun, E., Krstanoske, N., Euun Shin, Y., Kikuchi, S., Chakroborty, P. & Perincherry, V. (1994). The Bus Transit System: its underutilized potential, *Federal Transit Administration*. The Bus Transit System: Its Underutilized Potential - Google Books
- Vuchic, V. (2007). *Urban Transit Systems and Technology*. Hoboken; John Wiley & Sons, Inc.
- Västtrafik & Vägverket (2003). *Handbok om farthinder-på gator som trafikeras av buss*. Västtrafik & Vägverket. http://www.vt-pool.com/download_publ.asp?Document_ID=16158
- Vägverket (2010). *Busshållplatser – Exempel, råd och detaljer* (Publikation 2010:5). Vägverket.
- Wendle, B. (1997). *Vad fördröjer bussen?* Examensarbete, Lund: Institutionen för Teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet
- X2AB, Energimyndigheten, Sveriges bussföretag & Trafikverket (2015). *Guideline för attraktiv kollektivtrafik med fokus på BRT*. Stockholm: X2AB.
- Xiaodong, L., Yao Y., Meng, M. & Andreas R. (2017). Impact of Different Bus Stop Designs on Bus Operating Time Components. *Journal of Public Transportation*, 20 (1), ss. 104-188.

Bilagor

Bilaga 1-Inventeringsdokument

Modifierat inventeringsdokument för MalmöExpressen. Dokumentet användes även till kartläggningen över linje 7, då med linjens hållplatser i kolumnen längst till vänster.

	Farthinder	Övergångsställen	Cykelöverfart	Signalregelrad korsning	Signalprioritering	Vänlig korsning	Cirkulationsplats	Hållplatsutformning	Buskörfält	Övrigt
Fullriggaren										
Fullriggaren Ubåtshallen										
Ubåtshallen										
Ubåtshallen Stapelbäddsparken										
Stapelbäddsparken										
Stapelbäddsparken Dockan										
Dockan										
...										
...										
...										
...										
...										
Ramels väg										
Ramels väg Västra Skrävlinge										
Västra Skrävlinge										
Västra Skrävlinge Buketten										
Buketten										
Buketten Stenkällan										

Inventeringsdokument för studie över hållplatsutformning.

Hållplats och tid:											
Linje	Tid in	Tid ut	Kommentar	Linje	Tid in	Tid ut	Kommentar	Linje	Tid in	Tid ut	Kommentar

Hur blir stadsbussen snabbare?

Inventeringsdokument för studie över av- och påstigningstid.

Linje	Antal Dörrar	Avstigande				Påstigande				Hållplatstid

Inventeringsdokument för studien över scanningtider.

Linje	Tid scanning	Kommentar

Bilaga 2-Hållplatsutformning MalmöExpressen

	Hållplatser	Utformning	Mot Västra hamnen	Hållplatser	Utformning	Inkörning Utkörning	Andel i raka	Andel sidoförflyttning
Mot Stenkällan								
	Fullriggaren	Terminal		Stenkällan	Körbanehållplats		0,84	0,16
	Ubåtshallen	Körbanehållplats busskörfält		Buketten	Fickhållplats		0,82	0,18
	Stapelbåddsparken	Körbanehållplats busskörfält		Västra Skrävlinge	Körbanehållplats			
	Dockan	Körbanehållplats busskörfält		Ramels väg	Körbanehållplats			
	Orkanen	Körbanehållplats		Rosengårds centrum	Körbanehållplats busskörfält			
	Anna Lindhs plats	Körbanehållplats busskörfält		Rosengård	Körbanehållplats busskörfält			
	Centralen	Fickhållplats		Rosengårds station	Körbanehållplats busskörfält			
	Djåknegatan	Körbanehållplats		Annelund	Mitthållplats			
	Studentgatan	Körbanehållplats busskörfält		Nobelorget	Mitthållplats			
	Stadshuset	Körbanehållplats busskörfält		Folkets park	Mitthållplats			
	Folkets park	Mitthållplats		Stadshuset	Körbanehållplats busskörfält			
	Nobelorget	Mitthållplats		Studentgatan	Fickhållplats ut			
	Annelund	Mitthållplats		Djåknegatan	Körbanehållplats			
	Rosengårds station	Körbanehållplats busskörfält		Centralen	Fickhållplats			
	Rosengård	Körbanehållplats busskörfält		Anna Lindhs plats	Körbanehållplats busskörfält			
	Rosengårds centrum	Körbanehållplats busskörfält		Orkanen	Körbanehållplats			
	Ramels väg	Körbanehållplats		Dockan	Körbanehållplats busskörfält			
	Västra Skrävlinge	Fickhållplats		Stapelbåddsparken	Körbanehållplats busskörfält			
	Buketten	Körbanehållplats		Ubåtshallen	Körbanehållplats busskörfält			
	Stenkällan	Körbanehållplats		Fullriggaren	Terminal			

Bilaga 3-Hållplatsutformning linje 7

Hållplatser		Utformning		Hållplatser		Utformning		Andel raka		Andel sidoförflytning	
Mot Svågertorp	Ön	Körbanehållplats	Körbanehållplats	Mot Ön	Svågertorp	Terminal	Terminal	Inkörning	Utkörning	0,89	0,11
		Valborgsgatan	Körbanehållplats		Svågertorpsparken	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Packhusgatan	Körbanehållplats		Stolpalösa	Vägrenshållplats	Vägrenshållplats				
		Geijersgatan	Körbanehållplats		Aktrisgatan	Rak hållplats i bussgata	Rak hållplats i bussgata				
		Hylliekroken	Enkel stopphållplats		Lindeborg centrum	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Potatiså kern	Körbanehållplats		Lindeborgsgatan	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		T-bryggan	Körbanehållplats		Velanderergatan	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Ribersborg	Körbanehållplats		Per Albins hem	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Öresundsparken	Körbanehållplats		Blekingsborg	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Tekniska Museet	Körbanehållplats		Mobilia	Fickhållplats	Fickhållplats				
		Anna Lindhs plats	Körbanehållplats busskörfält		Dalapan	Körbanehållplats busskörfält	Körbanehållplats busskörfält				
		Centralen	Körbanehållplats busskörfält		Söderväm	Körbanehållplats busskörfält	Körbanehållplats busskörfält				
		Djäknegatan	Fickhållplats		TANvårdshögskolan	Körbanehållplats busskörfält	Körbanehållplats busskörfält				
		Gustav Adolfs torg	Terminal		Triangeln	Körbanehållplats busskörfält	Körbanehållplats busskörfält				
		Davidshall	Gluggållplats		Davidshall	Körbanehållplats busskörfält	Körbanehållplats busskörfält				
		Triangeln	Körbanehållplats busskörfält		Gustav Adolfs torg	Fickhållplats	Fickhållplats				
		TANvårdshögskolan	Körbanehållplats busskörfält		Djäknegatan	Fickhållplats busskörfält	Fickhållplats busskörfält				
		Söderväm	Körbanehållplats busskörfält		Centralen	Körbanehållplats busskörfält	Körbanehållplats busskörfält				
		Dalapan	Körbanehållplats busskörfält		Anna Lindhs plats	Körbanehållplats busskörfält	Körbanehållplats busskörfält				
		Blekingsborg	Körbanehållplats		Tekniska Museet	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Per Albins hem	Körbanehållplats		Öresundsparken	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Velanderergatan	Körbanehållplats		Ribersborg	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Lindeborgsgatan	Körbanehållplats		T-bryggan	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Lindeborg centrum	Rak hållplats i bussgata		Potatiså kern	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Aktrisgatan	Vägrenshållplats		Hylliekroken	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Stolpalösa	Vägrenshållplats		Geijersgatan	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Svågertorpsparken	Körbanehållplats		Packhusgatan	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
		Svågertorp	Terminal		Valborgsgatan	Körbanehållplats	Körbanehållplats				
					Ön						

Bilaga 4-Medelhastighet mellan hållplatser

Malmö Expressen		Mot Västra hamnen	Mot Stenkällan	
		Medlhast. (exkl.)	Medelhast. (exkl.)	
1	Fullriggaren	Ubåtshallen	24,1	19,9
2	Ubåtshallen	Stapelbäddsparken	22,8	22,3
3	Stapelbäddsparken	Dockan	22,8	19,6
4	Dockan	Orkanen	18,8	19,7
5	Orkanen	Anna Lindhs plats	18,2	16,7
6	Anna Lindhs plats	Centralen	21,0	13,5
7	Centralen	Djäknegatan	15,4	13,8
8	Djäknegatan	Studentgatan	18,7	18,8
9	Studentgatan	Stadshuset	16,1	16,3
10	Stadshuset	Folkets park	20,7	18,1
11	Folkets park	Nobeltorget	19,1	17,9
12	Nobeltorget	Annelund	19,2	26,6
13	Annelund	Rosengårds station	19,8	22,8
14	Rosengårds station	Rosengård	18,6	21,4
15	Rosengård	Rosengård Centrum	29,7	29,2
16	Rosengård Centrum	Ramels väg	31,2	31,5
17	Ramels väg	Västra Skrävlinge	25,8	23,9
18	Västra Skrävlinge	Buketten	28,3	27,5
19	Buketten	Stenkällan	22,2	21,9
	Medel		21,8	21,2

Linje 7		Mot Svågertorp	Mot Ön	
		Medlhast. (exkl.)	Medelhast. (exkl.)	
1	Ön	Valborgsgatan	23,1	26,6
2	Valborgsgatan	Packhusgatan	22,1	20,9
3	Packhusgatan	Geijersgatan	23,7	23,6
4	Geijersgatan	Hylliekroken	28,8	26,7
5	Hylliekroken	Potatisåkern	33,4	32,8
6	Potatisåkern	T-bryggan	30,5	36,1
7	T-bryggan	Ribersborg	30,7	37,1
8	Ribersborg	Öresundsparken	27,9	26,2
9	Öresundsparken	Tekniska museet	24,5	26,7
10	Tekniska museet	Anna Lindhs plats	19,4	21,9
11	Anna Lindhs plats	Centralen	13,2	13,2
12	Centralen	Djäknegatan	14,9	14,6
13	Djäknegatan	Gustav Adolfs torg	16,6	15,1
14	Gustav Adolfs torg	Davidshall	13,8	14,1
15	Davidshall	Triangeln	15,4	16,2
16	Triangeln	Tandvårdshögskolan	17,3	19,1
17	Tandvårdshögskolan	Södervärn	13,2	18,5
18	Södervärn	Dalaplan	16,3	12,9
19	Dalaplan	Mobilia	19,4	16,5
20	Mobilia	Blekingsborg	21,2	18,1
21	Blekingsborg	Per Albins hem	25,7	24,0
22	Per Albins hem	Velandergatan	27,2	27,2
23	Velandergatan	Lindeborgsgatan	26,3	25,0
24	Lindeborgsgatan	Lindeborg Centrum	19,9	19,9
25	Lindeborg Centrum	Akrisgatan	29,6	27,5
26	Akrisgatan	Stolpalösa	30,9	29,2
27	Stolpalösa	Svågertorpsparken	30,7	28,4
28	Svågertorpsparken	Svågertorp	26,7	20,7
	Medel		22,9	22,8

Bilaga 5-Hållplatsutformning in- och utkörning

	Inkörning - Samtliga linjer	
	Rak utan hinder	Rak och flertalet linjer trafikerar hållplatsen
Medel	12,94891473	13,96555556
Medel peak	13,22384615	14,32516129
Medel ej peak	12,52843137	13,6171875
Skillnad peak/ej peak	0,695414781	0,70797379
Tid att spara		1,016640827
	Inkörning - MalmöExpressen	
	Rak utan hinder	Rak och flertalet linjer trafikerar hållplatsen
Medel	13,0636598	13,85519697
Medeltid peak	13,36689103	14,89766667
Medel ej peak	12,76042857	12,81272727
Skillnad peak/ej peak	0,606462454	2,084939394
Tid att spara		0,791537171

		Utkörning - Samtliga linjer					
Sammanställning	Rak utan hinder	Rak, övergångsställe efter	Väjning, övergångsställe efter	Rak, farthinder & övergångsställe efter	Rak, körfälsbyte	Vid kollektivtrafiksignal	
Medel	15,66	15,76	20,52	26,51	18,94	34,64	
Medeltid peak	15,50	16,01	20,86	26,65	19,72	34,93	
Medel ej peak	16,04	15,51	20,22	26,31	17,64	34,28	
Skillnad peak/ej peak	-0,54	0,50	0,64	0,34	2,08	0,66	
Tid att spara		0,10	4,86	10,85	3,28	18,98	
		Utkörning - MalmöExpressen					
Sammanställning	Rak utan hinder	Rak, övergångsställe efter	Väjning, övergångsställe efter	Rak, farthinder & övergångsställe efter	Rak, körfälsbyte	Vid kollektivtrafiksignal	
Medel	14,97	17,35	20,67	26,01	18,62	33,99	
Medeltid peak	16,89	18,84	20,60	26,17	19,57	32,22	
Medel ej peak	13,05	15,86	20,74	25,84	17,67	35,76	
Skillnad peak/ej peak	3,84	2,98	-0,14	0,33	1,90	-3,53	
Tid att spara		2,38	5,70	11,04	3,65	19,02	

Bilaga 6-Av- och påstigningstid

Linje	Antal dörrar	Påstigande				Avstigande				Hållplatstid	Medeltid	Summa av och på	Medel av och på
		Dörr 1	Dörr 2	Dörr 3	Dörr 4	Dörr 1	Dörr 2	Dörr 3	Dörr 4				
2	3	1	0			0	0			10		1	
2	2	0	1			0	0			8,7		1	
2	2	0	0			1	1			8,68		2	
2	2	0	1			1	0			9,46		2	
2	2	0	1			1	1			7,68		3	
2	2	0	0			3	0			8,5		3	
2	2	1	2					1		8,41		4	
2	2		1							6,37		1	
2	2						1			5,06	8,0955556	1	2,0000
3	2	0	1			0	1			9,08		2	
3	2	0	0			1	1			8,27		2	
3	2	0	0			0	1			7,5		1	
3	2	0	0			0	1			6,68		1	
3	2		3							8,82		3	
3	2		1							5,55		1	
3							1			15	8,7	1	1,571428571
5	4	1	0	0	0	0	0	0	1	11,38		2	
5	4	0	1	0	0	0	1	0	0	13,01		2	
5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	8,56		1	
5	4	0	2	0	0	0	0	0	0	9,3		2	
5	4	1	0	0	0	0	0	1	0	8,27		2	
5	4	0	1	0	1	0	1	0	0	11,67		3	
5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	11,77		2	
5	4		1							9,54		1	
5	4							1		16,44		1	
5	4			1		1				7,63		2	
5	4			3			1			9,22		4	
5				1		1				10,84	10,635833	2	2,0000
7	2	0	1			0	1			16,21		2	
7	2	0	0			1	0			11,43		1	
7	2	2	2			2	1			7,93		7	
7	2	0	0			1	0			3,47		1	
7	2	0	2			1	0			9,58		3	
7	2		3							9,85		3	
7	2		4							9,63		4	
7		1	2				1			17,95	10,75625	4	3,125
8	2	0	0			0	1			5,67		1	
8	2	0	0			2	1			7,46		3	
8	2	0	0			0	1			9,17		1	
8	2	0	0			0	1			5,95		1	
8	2	0	1			0	3			17,13		4	
8		3	3							9,59		6	
8	2	1	2							8,23		3	
8	2	2	3							10,93	9,26625	5	3,00

Bilaga 7-Hållplatsavstånd och genhet i förhållande till hastighet

I den övre figuren syns förändringen i hastighet och restid vid olika hållplatsavstånd och i den undre figuren syns förändringen i hastighet och restid vid olika genheter.

Hpl-avstånd (m)	v (km/h)	delta v (km/h)	v (m/s)	delta v (m/s)	tid 100 m (s)	delta tid (s)
300	21,493	0,090	5,970	0,025	16,750	0,070
400	21,583	0,090	5,995	0,025	16,680	0,069
500	21,673	0,090	6,020	0,025	16,611	0,069
600	21,763	0,090	6,045	0,025	16,542	0,068
700	21,853	0,090	6,070	0,025	16,474	0,068
800	21,943	0,090	6,095	0,025	16,406	0,067
900	22,033	0,090	6,120	0,025	16,339	0,066
1000	22,123	0,090	6,145	0,025	16,273	0,066
1100	22,213	-22,213	6,170	-0,1	16,207	16,207
Medel			6,070			0,068

	v (km/h)	v (m/s)	delta v (km/h)	delta v (m/s)	tid 100 m (s)	skillnad 10% (s)
1	24,123	6,701	1,720	0,478	14,924	1,146
1,1	22,403	6,223	1,720	0,478	16,069	1,336
1,2	20,683	5,745	1,720	0,478	17,405	1,579
1,3	18,963	5,268	1,720	0,478	18,984	1,894
1,4	17,243	4,790	1,720	0,478	20,878	2,313
1,5	15,524	4,312	1,720	0,478	23,191	2,890
1,6	13,804	3,834	1,720	0,478	26,080	3,712
1,7	12,084	3,357	1,720	0,478	29,792	4,944
1,8	10,364	2,879	1,720	0,478	34,736	6,912
1,9	8,644	2,401	1,720	0,478	41,648	10,345
2	6,924	1,923			51,993	-51,993
Medel						3,707

Bilaga 8-Busskörfält

Busskörfält på 60-väg (Rosengård-Rosengård centrum-Ramels väg)

Mot Stenkällan				
Rosengård-Rosengård centrum (244-259)		Rosengård centrum-Ramels väg (261-280)		
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)	Skillnad
00 - 01	32,3	00 - 01	37,4	-5,2
01 - 02	31,0	01 - 02	33,5	-2,6
02 - 03	30,7	02 - 03	35,8	-5,1
05 - 06	30,2	05 - 06	35,4	-5,2
06 - 07	30,7	06 - 07	35,6	-4,9
07 - 08	30,9	07 - 08	35,8	-4,9
08 - 09	30,8	08 - 09	36,9	-6,1
09 - 10	31,6	09 - 10	36,6	-4,9
10 - 11	30,5	10 - 11	36,6	-6,1
11 - 12	30,7	11 - 12	36,7	-6,0
12 - 13	31,4	12 - 13	36,7	-5,3
13 - 14	31,2	13 - 14	36,8	-5,6
14 - 15	30,8	14 - 15	36,2	-5,4
15 - 16	29,7	15 - 16	34,1	-4,4
16 - 17	30,3	16 - 17	33,5	-3,2
17 - 18	29,9	17 - 18	34,9	-5,0
18 - 19	31,1	18 - 19	35,8	-4,7
19 - 20	31,8	19 - 20	36,1	-4,3
20 - 21	30,4	20 - 21	35,5	-5,1
21 - 22	30,6	21 - 22	35,9	-5,3
22 - 23	30,3	22 - 23	35,6	-5,3
23 - 24	30,5	23 - 24	35,7	-5,2
Medel	30,8	Medel	35,9	

Mot Västra hamnen				
Rosengård centrum-Rosengård (81-96)		Ramels väg-Rosengård centrum (59-78)		
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)	Skillnad
00 - 01	32,2	00 - 01	36,0	-3,8
01 - 02	34,7	01 - 02	36,5	-1,8
02 - 03	34,0	02 - 03	36,9	-2,9
05 - 06	31,5	05 - 06	35,0	-3,5
06 - 07	31,1	06 - 07	35,4	-4,4
07 - 08	32,5	07 - 08	37,1	-4,6
08 - 09	32,5	08 - 09	38,1	-5,6
09 - 10	33,8	09 - 10	37,9	-4,0
10 - 11	34,0	10 - 11	37,7	-3,7
11 - 12	33,2	11 - 12	37,7	-4,5
12 - 13	33,0	12 - 13	38,2	-5,1
13 - 14	32,4	13 - 14	38,3	-6,0
14 - 15	32,3	14 - 15	38,2	-5,9
15 - 16	29,8	15 - 16	37,6	-7,8
16 - 17	29,6	16 - 17	37,0	-7,4
17 - 18	31,9	17 - 18	36,3	-4,4
18 - 19	32,2	18 - 19	36,5	-4,3
19 - 20	32,6	19 - 20	35,7	-3,2
20 - 21	32,7	20 - 21	36,2	-3,5
21 - 22	32,0	21 - 22	35,5	-3,5
22 - 23	32,4	22 - 23	35,7	-3,2
23 - 24	32,1	23 - 24	34,9	-2,8
Medel	32,2	Medel	36,7	

Hur blir stadsbussen snabbare?

Busskörfält i stadsmiljö med parkering höger om busskörfält (Dalaplan-Södervärn)

Mot Ön		Mot Svågetorp		
Dalaplan-Södervärn (216-221)		Södervärn-Dalaplan (372-377)		
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)	Skillnad
00 - 01	22,5	00 - 01	20,5	2,0
01 - 02	23,6	01 - 02	21,7	1,9
		02 - 03	23,4	-23,4
05 - 06	20,9	05 - 06	19,2	1,8
06 - 07	20,0	06 - 07	18,8	1,2
07 - 08	18,5	07 - 08	18,4	0,2
08 - 09	19,7	08 - 09	18,9	0,7
09 - 10	20,5	09 - 10	18,8	1,7
10 - 11	20,2	10 - 11	18,2	2,0
11 - 12	19,9	11 - 12	18,1	1,8
12 - 13	18,9	12 - 13	16,8	2,1
13 - 14	19,3	13 - 14	17,8	1,6
14 - 15	18,7	14 - 15	17,3	1,4
15 - 16	18,6	15 - 16	11,6	7,0
16 - 17	17,2	16 - 17	9,9	7,4
17 - 18	18,0	17 - 18	16,2	1,9
18 - 19	19,2	18 - 19	17,7	1,5
19 - 20	21,3	19 - 20	18,9	2,4
20 - 21	21,2	20 - 21	18,6	2,6
21 - 22	21,7	21 - 22	18,8	2,8
22 - 23	21,3	22 - 23	19,0	2,2
23 - 24	22,2	23 - 24	19,8	2,4
Medel	20,0	Medel	17,7	

Hur blir stadsbussen snabbare?

Busskörfält i stadsmiljö med farthinder i blandtrafik (Folkets park-Karlskronaplan)

Mot Stenkällan - Linje 32			Mot Stenkällan - MEX		
Folkets park-Karlskronaplan (390-402)			Folkets park-Karlskronaplan (168-180)		
Timme	Medelhastighet (km/h)		Timme	Medelhastighet (km/h)	Skillnad
00 - 01	22,7		00 - 01	25,9	3,2
			01 - 02	26,2	26,2
			02 - 03	29,4	29,4
05 - 06	25,7		05 - 06	24,6	-1,1
06 - 07	25,9		06 - 07	24,7	-1,2
07 - 08	25,4		07 - 08	25,1	-0,2
08 - 09	25,5		08 - 09	25,7	0,2
09 - 10	26,6		09 - 10	26,2	-0,4
10 - 11	25,8		10 - 11	26,1	0,3
11 - 12	25,5		11 - 12	25,9	0,4
12 - 13	22,3		12 - 13	25,7	3,3
13 - 14	20,9		13 - 14	25,5	4,6
14 - 15	18,7		14 - 15	25,7	7,0
15 - 16	13,7		15 - 16	25,2	11,5
16 - 17	13,2		16 - 17	24,9	11,7
17 - 18	17,7		17 - 18	25,1	7,4
18 - 19	23,2		18 - 19	24,8	1,5
19 - 20	25,3		19 - 20	25,3	0,0
20 - 21	25,8		20 - 21	25,4	-0,4
21 - 22	26,4		21 - 22	26,2	-0,1
22 - 23	26,8		22 - 23	25,7	-1,1
23 - 24	27,4		23 - 24	25,7	-1,7
Medel	23,2		Medel	25,5	

Mot VH - Linje 32			Mot VH - MEX		
Karlskronaplan-Folkets park (506-517)			Karlskronaplan-Folkets park (159-170)		
Timme	Medelhastighet (km/h)		Timme	Medelhastighet (km/h)	Skillnad
00 - 01	30,7		00 - 01	26,0	-4,7
01 - 02	25,6		01 - 02	24,2	-1,3
			02 - 03	27,7	27,7
05 - 06	25,9		05 - 06	25,9	0,0
06 - 07	25,5		06 - 07	25,1	-0,4
07 - 08	21,5		07 - 08	25,1	3,5
08 - 09	18,0		08 - 09	25,3	7,3
09 - 10	22,8		09 - 10	26,1	3,3
10 - 11	20,1		10 - 11	26,2	6,1
11 - 12	19,2		11 - 12	26,2	7,0
12 - 13	18,7		12 - 13	25,7	7,0
13 - 14	18,7		13 - 14	25,6	6,9
14 - 15	19,4		14 - 15	25,6	6,2
15 - 16	18,1		15 - 16	25,3	7,2
16 - 17	18,4		16 - 17	25,3	6,9
17 - 18	18,8		17 - 18	24,8	6,0
18 - 19	22,7		18 - 19	25,1	2,4
19 - 20	24,4		19 - 20	25,9	1,5
20 - 21	25,8		20 - 21	25,9	0,1
21 - 22	26,3		21 - 22	25,8	-0,5
22 - 23	26,6		22 - 23	26,0	-0,6
23 - 24	27,7		23 - 24	26,0	-1,8
Medel	22,0		Medel	25,6	

Hur blir stadsbussen snabbare?

Busskörfält i stadsmiljö, stor interaktion med oskyddade trafikanter (Djäknegatan-Studentgatan)

Mot VH		Mot Stenkällan		
Studentgatan-Djäknegatan (216-228)		Djäknegatan-Studentgatan (111-123)		
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)	Skillnad
00 - 01	23,6	00 - 01	23,3	-0,2
01 - 02	27,3	01 - 02	23,7	-3,5
02 - 03	21,1			-21,1
05 - 06	22,7	05 - 06	22,2	-0,4
06 - 07	21,3	06 - 07	22,2	0,9
07 - 08	19,2	07 - 08	20,5	1,3
08 - 09	17,5	08 - 09	19,6	2,1
09 - 10	17,8	09 - 10	19,5	1,7
10 - 11	16,5	10 - 11	18,3	1,7
11 - 12	15,0	11 - 12	17,2	2,2
12 - 13	14,6	12 - 13	17,3	2,8
13 - 14	14,7	13 - 14	17,2	2,4
14 - 15	15,3	14 - 15	17,1	1,8
15 - 16	15,6	15 - 16	16,7	1,1
16 - 17	15,0	16 - 17	15,7	0,7
17 - 18	15,8	17 - 18	17,3	1,5
18 - 19	18,4	18 - 19	19,2	0,8
19 - 20	21,3	19 - 20	21,2	0,0
20 - 21	22,5	20 - 21	22,0	-0,5
21 - 22	22,3	21 - 22	23,6	1,2
22 - 23	22,3	22 - 23	22,4	0,1
23 - 24	23,6	23 - 24	22,9	-0,7
Medel	18,8	Medel	19,8	

Hur blir stadsbussen snabbare?

Busskörfält i stadsmiljö med parkerade bilar längs med blandtrafiken (Storgatan-Östra Rönneholmsvägen)

Mot Svågetorp		Mot Ön		
Davidshall-Triangeln (309-322)		Triangeln-Davidshall (270-284)		
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)	
00 - 01	14,9	00 - 01	19,1	4,3
01 - 02	11,9	01 - 02	24,0	12,1
02 - 03	12,9			-12,9
05 - 06	14,1	05 - 06	21,5	7,4
06 - 07	12,8	06 - 07	17,4	4,6
07 - 08	11,1	07 - 08	15,7	4,7
08 - 09	10,3	08 - 09	15,1	4,8
09 - 10	11,0	09 - 10	15,6	4,6
10 - 11	10,0	10 - 11	15,8	5,8
11 - 12	9,4	11 - 12	15,3	5,8
12 - 13	9,3	12 - 13	14,6	5,3
13 - 14	9,1	13 - 14	15,1	6,0
14 - 15	8,5	14 - 15	14,6	6,1
15 - 16	8,3	15 - 16	14,2	5,9
16 - 17	8,2	16 - 17	14,4	6,2
17 - 18	8,9	17 - 18	14,2	5,3
18 - 19	9,6	18 - 19	15,3	5,7
19 - 20	10,2	19 - 20	15,8	5,7
20 - 21	10,8	20 - 21	17,3	6,5
21 - 22	12,2	21 - 22	18,3	6,1
22 - 23	13,4	22 - 23	20,3	6,9
23 - 24	13,8	23 - 24	20,0	6,1
Medel	16,9	Medel	10,9	

Hur blir stadsbussen snabbare?

Busskörfält i stadsmiljö med avbrott i busskörfält (Folkets park-Stadshuset)

Mot VH		Mot Stenkällan			
Folkets park-Stadshuset (175-200)		Stadshuset-Folkets park (142-163)			
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)		Skillnad
00 - 01	19,4	00 - 01	16,7		2,7
01 - 02	22,4	01 - 02	21,8		0,6
02 - 03	13,2				13,2
05 - 06	20,4	05 - 06	16,7		3,7
06 - 07	18,5	06 - 07	16,7		1,8
07 - 08	17,9	07 - 08	16,6		1,2
08 - 09	18,2	08 - 09	16,5		1,7
09 - 10	19,4	09 - 10	16,7		2,7
10 - 11	19,7	10 - 11	16,0		3,7
11 - 12	19,0	11 - 12	16,3		2,8
12 - 13	19,1	12 - 13	16,6		2,4
13 - 14	19,0	13 - 14	16,5		2,5
14 - 15	18,8	14 - 15	16,1		2,7
15 - 16	17,9	15 - 16	15,8		2,1
16 - 17	17,5	16 - 17	16,1		1,3
17 - 18	17,8	17 - 18	15,8		2,0
18 - 19	18,2	18 - 19	16,5		1,7
19 - 20	18,3	19 - 20	16,2		2,1
20 - 21	18,8	20 - 21	16,8		2,0
21 - 22	19,1	21 - 22	16,5		2,6
22 - 23	18,9	22 - 23	16,5		2,4
23 - 24	18,3	23 - 24	16,4		1,9
Medel	18,9	Medel	16,7		

Hur blir stadsbussen snabbare?

Busskörfält i stadsmiljö i ett längre perspektiv (Djäknegatan-Nobelvägen)

Mot VH - MEX		Mot VH - Linje 32		
Nobelorget-Djäknegatan (153-231)		Nobelorget-Djäknegatan(500-574)		
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)	Skillnad
00 - 01	17,5	00 - 01	25,0	-7,5
01 - 02	16,6	01 - 02	14,2	2,3
02 - 03	12,5			12,5
05 - 06	16,9	05 - 06	14,7	2,3
06 - 07	14,7	06 - 07	14,2	0,5
07 - 08	14,2	07 - 08	11,9	2,3
08 - 09	13,7	08 - 09	11,0	2,7
09 - 10	14,0	09 - 10	12,2	1,8
10 - 11	14,0	10 - 11	13,1	1,0
11 - 12	13,8	11 - 12	12,9	0,9
12 - 13	13,8	12 - 13	11,4	2,3
13 - 14	13,9	13 - 14	11,8	2,1
14 - 15	13,8	14 - 15	12,7	1,1
15 - 16	13,8	15 - 16	11,6	2,2
16 - 17	13,1	16 - 17	11,7	1,4
17 - 18	13,9	17 - 18	12,3	1,5
18 - 19	14,7	18 - 19	12,4	2,3
19 - 20	15,5	19 - 20	14,2	1,3
20 - 21	16,1	20 - 21	15,2	0,9
21 - 22	16,2	21 - 22	15,2	1,0
22 - 23	15,9	22 - 23	14,8	1,1
23 - 24	17,2	23 - 24	15,8	1,4
Medel	14,8	Medel	13,7	

Mot Stenkällan - MEX		Mot Stenkällan - Linje 32		
Djäknegatan_Nobelorget		Djäknegatan-Nobelorget (334-407)		
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)	Skillnad
00 - 01	14,0	00 - 01	14,0	-0,1
01 - 02	14,5			14,5
02 - 03	12,0			12,0
05 - 06	14,6	05 - 06	15,3	-0,7
06 - 07	14,0	06 - 07	13,3	0,7
07 - 08	12,8	07 - 08	12,5	0,2
08 - 09	12,9	08 - 09	12,2	0,7
09 - 10	13,0	09 - 10	12,9	0,1
10 - 11	12,5	10 - 11	11,5	1,1
11 - 12	12,3	11 - 12	11,3	0,9
12 - 13	12,4	12 - 13	11,0	1,3
13 - 14	12,7	13 - 14	10,9	1,8
14 - 15	12,2	14 - 15	10,5	1,7
15 - 16	11,6	15 - 16	9,3	2,3
16 - 17	11,8	16 - 17	9,8	2,0
17 - 18	12,0	17 - 18	10,9	1,2
18 - 19	13,0	18 - 19	11,7	1,3
19 - 20	13,2	19 - 20	11,6	1,6
20 - 21	12,8	20 - 21	11,3	1,5
21 - 22	12,3	21 - 22	13,3	-1,0
22 - 23	13,9	22 - 23	13,6	0,3
23 - 24	14,3	23 - 24	14,8	-0,4
Medel	13,0	Medel	12,1	

Hur blir stadsbussen snabbare?

Busskörfält på 60-väg med avbrott i busskörfält (Rosengård station-Annalund)

Mot Stenkällan (215-225)		Mot VH (116-124)		Skillnad
Timme	Medelhastighet (km/h)	Timme	Medelhastighet (km/h)	
00 - 01	28,6	00 - 01	31,0	-2,3
01 - 02	27,7	01 - 02	32,2	-4,5
02 - 03	29,9	02 - 03	32,1	-2,2
05 - 06	28,0	05 - 06	28,5	-0,5
06 - 07	26,9	06 - 07	27,1	-0,2
07 - 08	26,9	07 - 08	25,9	1,0
08 - 09	28,7	08 - 09	26,8	1,9
09 - 10	29,7	09 - 10	27,3	2,5
10 - 11	28,4	10 - 11	27,0	1,4
11 - 12	27,8	11 - 12	26,5	1,3
12 - 13	29,3	12 - 13	27,7	1,6
13 - 14	29,1	13 - 14	26,0	3,1
14 - 15	27,9	14 - 15	26,6	1,3
15 - 16	26,4	15 - 16	26,4	0,0
16 - 17	27,1	16 - 17	25,7	1,4
17 - 18	26,3	17 - 18	25,6	0,7
18 - 19	27,9	18 - 19	26,0	1,9
19 - 20	28,8	19 - 20	25,7	3,1
20 - 21	28,7	20 - 21	27,4	1,3
21 - 22	28,3	21 - 22	30,2	-1,9
22 - 23	28,6	22 - 23	30,1	-1,5
23 - 24	28,5	23 - 24	30,2	-1,6
Medel	28,1	Medel	27,4	

Bilaga 9-Effekten av busskörfält vid olika timmar

Grön-hastighetshöjande timme	Rosengård R	Annelund R	Söderväg D	Karlskrona p	Karlskrona p	Djäkne-stud	Davidshall	Djäkne-nob	Djäkne-nob	Stadshus-	fo	Medel total (km/h)	Medel endast positiv effekt (km/h)
0	-5,2	-3,8	-2,3	2,0		-0,2	4,3	-7,5	2,3		2,7	-1,1	3,0
1							12,1				0,6		5,0
2													
3													
4													
5	-5,2	-3,5	-0,5	1,8	0,0	-0,4	7,4	2,3	2,3	-0,7	3,7	0,3	3,1
6	-4,9	-4,4	-0,2	1,2	-0,4	0,9	4,6	0,5	0,5	0,7	1,8	-0,1	1,6
7	-4,9	-4,6	1,0	0,2	3,5	-0,2	1,3	4,7	2,3	0,2	1,2	0,4	1,8
8	-6,1	-5,6	1,9	0,7	7,3	0,2	2,1	4,8	2,7	0,7	1,7	0,9	2,5
9	-4,9	-4,0	2,5	1,7	3,3	-0,4	1,7	4,6	1,8	0,1	2,7	0,8	2,3
10	-6,1	-3,7	1,4	2,0	6,1	0,3	1,7	5,8	1,0	1,1	3,7	1,2	2,0
11	-6,0	-4,5	1,3	1,8	7,0	0,4	2,2	5,8	0,9	0,9	2,8	1,1	2,6
12	-5,3	-5,1	1,6	2,1	7,0	3,3	2,8	5,3	2,3	1,3	2,4	1,6	3,1
13	-5,6	-6,0	3,1	1,6	6,9	4,6	2,4	6,0	2,1	1,8	2,5	1,8	3,4
14	-5,4	-5,9	1,3	1,4	6,2	7,0	1,8	6,1	1,1	1,7	2,7	1,6	3,3
15	-4,4	-7,8	0,0	7,0	7,2	11,5	1,1	5,9	2,2	2,3	2,1	2,5	4,9
16	-3,2	-7,4	1,4	7,4	6,9	11,7	0,7	6,2	1,4	2,0	1,3	2,6	4,3
17	-5,0	-4,4	0,7	1,9	6,0	7,4	1,5	5,3	1,5	1,2	2,0	1,6	3,0
18	-4,7	-4,3	1,9	1,5	2,4	1,5	0,8	5,7	2,3	1,3	1,7	0,9	2,1
19	-4,3	-3,2	3,1	2,4	1,5	0,0	0,0	5,7	1,3	1,6	2,1	0,9	2,5
20	-5,1	-3,5	1,3	2,6	0,1	-0,4	-0,5	6,5	0,9	1,5	2,0	0,5	2,1
21	-5,3	-3,5	-1,9	2,8	-0,5	-0,1	1,2	6,1	1,0	-1,0	2,6	0,1	2,8
22	-5,3	-3,2	-1,5	2,2	-0,6	-1,1	0,1	6,9	1,1	0,3	2,4	0,1	2,2
23	-5,2	-2,8	-1,6	2,4	-1,8	-1,7	-0,7	6,1	1,4	-0,4	1,9	-0,2	3,0

Bilaga 10-Signaler

Till vänster syns signalerna längs MalmöExpressen och till höger syns signalerna längs linje 7.

Signal rakt fram	Med Signal	Utan Signal	SkilInad	Hpl med signal	Hpl utan signal	Hpl SkilInad	Signal sväng	Med signal	Utan signal	SkilInad	Hpl med signal	Hpl utan signal	Hpl SkilInad
Bergsgatan	37	12	25				Kiaffbron		48	18	30	67	29
St Knuts torg	12	6	6				Anna Lindh		58	29	29		38
Nobelvägen	52	16	36		68	18	Skeppsbron		35	22	13		
Lantmannagatan	95	9	26				Kiaffbron		56	29	27		
Norra Grängsbergsvägen	48	12	36				Anna Lindh		50	30	20		
Västra katbarpsvägen	44	12	32				Skeppsbron						
Agnesfrid	23	9	14										
Lilla Vanvsagan	17	6	11										
Lilla Vanvsagan	17	6	11										
Isbergsgata	8	4	4										
Isbergsgata	8	4	4										
Drottninggatan	38	12	26										
Drottninggatan	20	12	8										
Norra Valligatan	37	12	25										
Norra Valligatan	37	12	25										
Bergsgatan	8	6	2										
St Knuts torg	32	12	20										
St Knuts torg	32	12	20		71	12							
Folkets park	51	20	31										
Nobelvägen	51	20	31										
Lantmannagatan	84	18	66										
Lantmannagatan	84	18	66										
Norra Grängsbergsvägen	30	9	21										
Norra Grängsbergsvägen	30	9	21										
Västra katbarpsvägen	22	9	13										
Västra katbarpsvägen	22	9	13										
Norra Valligatan	52	20	32										
Norra Valligatan	52	20	32										
Drottninggatan	45	15	30										
Drottninggatan	45	15	30										
Lilla Vanvsagan	20	9	11										
Lilla Vanvsagan	20	9	11										
Isbergsgata	39	16	23		59	20							
Isbergsgata	39	16	23		59	20							
Föreningsgatan	44	13	31										
Föreningsgatan	44	13	31										

Medelvärde Vanlig signal 31 56.4
Rakt fram 16,93333333
Sväng 22,25

Rode=kollektivtrafiksignal

Signal rakt fram	Med signal	Utan signal	SkilInad	Hpl med signal	Hpl utan signal	Hpl SkilInad	Signal sväng	Med signal	Utan signal	SkilInad	Hpl med signal	Hpl utan signal	Hpl SkilInad
Gilbrabergsgatan	43	12	31				Kalkbrottsgatan		45	24	21	83	29
Gilbrabergsgatan	43	12	31				Mot Svågertorp		47	24	23		0
Anna Lindh	35	12	23				Mot Svågertorp						0
Norra Valligatan	40	12	28				Skeppsbron						0
Regementsgatan	48	16	32										0
Regementsgatan	48	16	32										0
Stadiongatan	43	15	28		90	28	Tandvårdshögskolan		58	29	29		0
Stadiongatan	43	15	28		90	28	Bergsgatan		60	21	39		0
Mariædalsvägen	28	9	19				Lindborgsgatan		29	21	8		0
Mariædalsvägen	28	9	19				Kalkbrottsgatan		43	21	22	83	29
Trifongatan	30	12	18				Mot Svågertorp		36	21	15		0
Trifongatan	30	12	18				Mot Svågertorp		52	24	28		0
Föreningsgatan	65	24	41				Skeppsbron						0
Föreningsgatan	65	24	41										0
Mariædalsvägen	26	9	17										0
Mariædalsvägen	26	9	17										0
Trifongatan	21	9	12										0
Trifongatan	21	9	12										0
Gilbrabergsgatan	32	12	20				Tandvårdshögskolan		Ingen signal	riktning			0
Gilbrabergsgatan	32	12	20				Bergsgatan		82	29	53		0
Anna Lindh	48	15	33				Mot Svågertorp		25	13	10		0
Anna Lindh	48	15	33				Mot Svågertorp						0
Norra Valligatan	61	24	37				Lindborgsgatan						
Norra Valligatan	61	24	37										
Regementsgatan	52	20	32										
Regementsgatan	52	20	32										
Stadiongatan	42	12	30										
Stadiongatan	42	12	30										
Föreningsgatan	71	28	43										
Föreningsgatan	71	28	43										

Rode=kollektivtrafiksignal

Medelvärde Vanlig signal 28.46666667 25.5
Rakt fram 28.46666667
Sväng 25.11111111

Kollektivtrafiksignal Vid hållplats 62 54

Bilaga 11-Cirkulationsplatser

		s=sträckan som är rakaad från kant till kant																			
		r=radien på rondellen/plattan																			
Cirkulation		Ramels väg Stora		Ramels väg Lilla		Stora Varvsgatan		Geijergsgatan		Ribbersborg											
		s=290	r=67	s=70	r=17	s=120	r=15	s=100	r=7	s=100	r=10										
		Mot VH	Mot Stenkällan	Mot VH	Mot Stenkällan	Mot VH	Mot Stenkällan	Mot Svågert	Mot Öh	Mot VH	Mot Stenkällan										
Utan		34,8	23,2	5,6	5,6	14,4	14,4	12	12	9	12										
Med		3	4	7	8	4	4	5	5	4	4										
		3	4	5	5	6	6	7	7	5	5										
Inne		4	4	5	5	5	5	5	5	5	5										
		7	3	Summa	17	18	5	4	4	4	4										
		3	3	Summa	11,4	12,4	4	5	21	21	4										
		3	3	Medel	11,9	11,9	4	4	9	9	4										
		3	3	Summa		25	29	9	9	21	24										
		3	3	Skilnad		10,6	14,6	9	9	12	12										
		3	3	Medel		10,6	12,6	9	9	12	12										
Ute		3	2																		
		3	2																		
		4	2																		
		5	3																		
Summa		50	44																		
Skilnad		15,2	20,8																		
Medel			18																		

Bilaga 12-Farthinder och övergångsställen

I figuren nedan syns farthinder och övergångsställen längs med MalmöExpressen.

Antal	Övergångsställe	Med	Utan	Skilnad	Farthinder Inga färs	Kombinerat farthinder och övergångsställe Sluparens gränd Stadshuset	Med	Utan	Skilnad
	1 Örkanen	Mot Stenkällan	6	6	0				
	1 Folkets park	Mot Stenkällan	12	9	3				15
	1 Karliskronaplan	Mot Stenkällan	8	6	2				4
	1 Efter Lantmannagat	Mot Stenkällan	6	6	0				
	1 Örkanen	Mot VH	6	6	0				9,5
	1 Folkets park	Mot VH	12	9	3				
	1 Karliskronaplan	Mot VH	4	3	1				
	1 Efter Lantmannagat	Mot VH	3	3	0				
	2 Östergatan	Mot Stenkällan	18	16	2				
	2 Kyrkogatan	Mot Stenkällan	11	8	3				
	2 Baltzargatan	Mot Stenkällan	5	4	1				
	2 Stora Nygatan	Mot Stenkällan	8	5	3				
	2 Kyrkogatan	Mot VH	10	8	2				
	2 Baltzargatan	Mot VH	17	12	5				
20									
	Medel			1,8					
	Medel 1 st			1,1					
	Medel 2 st			2,7					

Hur blir stadsbussen snabbare?

I de två figurerna nedan syns farthinder och övergångsställen längs med linje 7.

Antal	Övergångsställe				Farthinder					
		Med	Utan	Skillnad	Med	Utan	Skillnad			
1	Strandgatan	Mot Svågertorp	11	8	3	Lindeborgsgatan	Mot Svågertorp	9	8	1
1	Rosslins väg	Mot Svågertorp	3	3	0	Linderborgsgatan	Mot Ön	5	4	1
1	Storgatan	Mot Svågertorp	5	4	1					
1	Efter Stolplalösa	Mot Svågertorp	3	3	0	Medel				1
1	Henrik Menandersväg	Mot Svågertorp	3	3	0					
1	Strandgatan	Mot Ön	9	4	5					
1	Packhus	Mot Ön	8	6	2					
1	Rosslins väg	Mot Ön	3	3	0					
1	Värmlandsgatan	Mot Ön	5	4	1					
1	Stadiongatan	Mot Ön	4	3	1					
1	Efter Stolplalösa	Mot Ön	3	3	0					
1	Henrik Menandersväg	Mot Ön	3	3	0					
2	Östergatan	Mot Svågertorp	10	8	2					
2	Baltzargatan	Mot Svågertorp	5	4	1					
2	Kalendergatan	Mot Svågertorp	12	8	4					
2	Baltzargatan	Mot Ön	12	8	4					
2	Kalendergatan	Mot Ön	7	5	2					
2	Holmgatan	Mot Ön	8	6	2					
24										
	Medel				1,6					
	Medel 1 st				1,1					
	Medel 2 st				2,5					

Kombinerat farthinder och övergångsställe				Övergångsställe med signal					
	Med	Utan	Skillnad	Med	Utan	Skillnad			
Järnvägsgatan	Mot Svågertorp	9	6	3	Södergatan (HM)	Mot Svågertorp	41	20	21
Packhusgatan	Mot Svågertorp	7	4	3		Mot Ön	35	16	19
Argogatan	Mot Svågertorp	19	16	3					
Rut Lundskogsgata	Mot Svågertorp	17	9	8	Medel				20
Sigtunagatan	Mot Svågertorp	6	5	1					
Ärtholmsvägen	Mot Svågertorp	8	6	2					
Järnvägsgatan	Mot Ön	5	3	2					
Argogatan	Mot Ön	10	6	4					
Sigtunagatan	Mot Ön	5	4	1					
Ärtholmsvägen	Mot Ön	13	9	4					
Per Albin hem	Mot Ön	9	6	3					
Medel				3,1					