

Optimering af køreplantider i Movia

Afgangsprojekt



Det Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakultet
Vej- og Trafikteknik, 10. semester
Thomas Hjorth Møller
2009

Aalborg Universitet

Titel: Optimering af køreplantider i Movia

Tema: Afgangsprøje

Projektperiode: 1. februar 2009 – 12. juni 2009

Studerende:

Thomas Hjorth Møller

Vejleder:

Niels Melchior Jensen

Oplagstal: 4

Hovedrapport: Sideantal: 80

Bilagsrapport: Sideantal: 30

Synopsis:

Dette projekt har til formål at undersøge muligheden i at udvikle en metode, hvortil trafikselskabet Movia, ved hjælp af positionslogninger fra GPS, kan foretage systematiske analyser af data med henblik på at få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden. Ligeledes behandler projektet variationen af rejsetiden henover hverdage mandag til fredag samt over det enkelte hverdagsdøgn.

Indledende præsenteres det kollektive trafiksystem i hovedstadsområdet, og der gennemføres undersøgelser af hvilke udfordringer, den kollektive trafik og i særdeleshed bustrafikken står overfor, med det formål at undersøge hvilke forhold, der kan øge passagertallet og derved forbedre det økonomiske resultat. Af kundepræferenceanalyser fremgår det, at pålideligheden og rejsetiden er afgørende parametre for fra- eller tilvalg af bussen.

For at undersøge mulighederne for optimering af køreplantiden med det formål at få køreplaner, der ligner virkeligheden, undersøges det ved middelværditests, om der er statistiske sammenhænge eller forskelle imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider. I projektet er der valgt at tage udgangspunkt i linie 5A og i forhold til metoden, betragtes delstrækningen på Frederikssundsvej fra Nørrebro Station til Husum Torv. November måned bliver i øvrigt anvendt som tidsmæssigt afgrænsning.

Screeningen af delstrækningen på linie 5A viser, at køreplanen kan og bør strammes op.

FORORD

Denne rapport er udarbejdet som dokumentation for 10. semester på Aalborg Universitets B-sektor under specialiseringen Vej- og Trafikteknik i projektperioden 1. februar 2009 til 12. juni 2009. Temaet for projektet er *afgangsprojekt*, og herunder har den studerende valgt at beskæftige sig med statistik indenfor kollektiv busstrafik i hovedstadsområdet.

Formålet med projektet er at dokumentere anvendelsen af videnskabelige teorier og metoder på et højt fagligt niveau.

I forbindelse med projektet ønsker den studerende at rette en stor tak til Movias medarbejdere, i afdelingerne ved Køreplanlægning og Drift samt Udvikling og Rådgivning, for vejledning om mulige retninger i projektet. Ydermere for generel information omkring linie 5A og køreplanlægning samt vejledning i brug af planlægningsprogrammet Hastus med tilknyttet applikationsprogram ATP. En speciel tak skal henvendes til køreplanlægger Maiken Krogdal Larsen fra Movia for særlig assistance under dataindsamlingen.

Den studerende vil rette en sidste tak til trafikforsker Jens Christian Overgaard Madsen ved Aalborg Universitet for konstruktive kommentarer og sparring, som anses for essentielle i forhold til projektets statistiske metodearbejde.

LÆSEVEJLEDNING

Projektet indeholder en hovedrapport samt en bilagsrapport, der findes bagerst i hovedrapporten. Hovedrapporten indeholder analyser, vurderinger og resultater. Bilagsrapporten indeholder grundlæggende beskrivelser til brug for analyser og vurderinger. Henvisninger mellem hoved- og bilagsrapport samt mellem de enkelte kapitler og afsnit fremgår af teksten.

Tabeller og figurer bliver henvist med tabel- og figurnummer kontinuerligt gennem rapporten og uafhængigt af kapitlerne.

Litteraturlisten findes bagerst i hovedrapporten. Ved kildehenvisninger, er der benyttet Harvard metoden, hvor henvisninger fremgår af teksten.

Bagerst i rapporten er der vedlagt en bilags-cd, indeholdende beregninger og data samt en digital version af hoved- og bilagsrapporten. På bilags-cd'en findes en beskrivelse, der giver overblik over cd'ens indhold. Det anbefales dermed at læse denne.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Resume	3
2	Abstract.....	5
3	Indledning	7
4	Det kollektive trafiknet.....	11
4.1	Hovedstadens bystruktur.....	11
4.1.1	De indre bydele – Håndfladen	12
4.1.2	De ydre bydele – Byfingrene	13
4.1.3	Områderne udenfor fingerbyen.....	13
4.2	Det skinnearbejde system	14
4.3	Busnettet	17
4.3.1	Planlægning af køreplaner	20
4.4	Trafiksystemets dækningsgrad.....	20
5	Problembeskrivelse	23
5.1	Udviklingstendenser i Hovedstaden.....	23
5.2	Hvad skyldes udviklingen?	24
5.2.1	Eksterne faktorer	25
5.2.2	Interne faktorer.....	28
5.2.3	Politiske og holdningsmæssige ændringer	30
5.3	Bussernes udvikling	32
5.3.1	Vogntimer og produktivitet.....	34
5.3.2	Kundernes har fokus på pålidelighed og rejsetid	37
5.4	Problemformulering	38
6	Optimering af køreplantider	41
6.1	Litteraturstudier.....	43
6.1.1	Projekt – Trængselsopgørelse for busser	43
6.1.2	Projekt – Køretider i sommerperioden.....	44
6.2	Valg af linie til undersøgelse	46
7	Undersøgelse af variationen	49
7.1	Metode	49

Indholdsfortegnelse

7.1.1	Datagrundlaget	51
7.1.2	Metode til kvantificering	52
7.2	Analyser af variationen	53
7.2.1	Deskriptiv statistik	54
7.2.2	Analytisk statistik	54
7.2.3	Opsummering på analyserne af rejsetiderne	55
8	Redskab til optimering	57
8.1	Metode	57
8.1.1	Datagrundlaget	58
8.1.2	Beregning af konfidensintervaller	59
8.1.3	Heltimer eller plantider	60
8.2	Analyse af forskellen i rejsetiderne	62
8.2.1	Forskel i rejsetid i retning mod Husum Torv	63
8.2.2	Forskel i rejsetid i retning mod Nørrebro Station	64
8.2.3	Opsamling af resultaterne for de to retninger	65
8.2.4	Rettighed og regularitet	67
9	Vurdering og anbefalinger	69
9.1	Vurdering af modellen	69
9.1.1	Kommentar til resultaterne fra linie 5A	70
9.1.2	Anden betingelse til modellen	71
9.1.3	Anbefalinger fra projektet	73
10	Konklusion	75
10.1	Perspektivering	76
11	Litteraturliste	77

1 RESUME

I dette projekt opstilles en metode til systematisk analyser af GPS-data med henblik på at få køreplaner i busdriften, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden. Foruden dette, vurderes også mulighederne i at tilpasse rejsetiderne mere efter dagtypevariationer, ved at betragte variationen af rejsetiden og spredningen heri, indenfor hverdagene mandage til fredage samt i det pågældende hverdagsdøgn.

For at få kendskab til hvordan den kollektive trafik, og i særlig grad bustrafikken er sammensat, beskrives indledende det kollektive trafiksystem i hovedstadsområdet, med fokus på København og centralkommunerne. Efterfølgende undersøges udviklingen indenfor den kollektive trafik og denne viser, at systemet samlet set, og på trods af større investeringer, har haft svært ved at fastholde passagererne i en længere årrække. Dette er tilmed sket i en periode, hvor transportarbejdet er steget væsentligt. Undersøgelsen peger på, at flere forhold, der har indflydelse på brugen af den kollektive trafik, er eksterne og derved parametre, som trafikaktørerne i hovedstadsområdet ikke direkte kan ændre på. Ikke desto mindre findes en række interne faktorer, hvor især ringere pålidelighed og længere rejsetid har været medvirkende til den negative udvikling i passagertallet.

Undersøgelsen viser desuden, at den negative udvikling i den samlede kollektive trafik kan henføres til busdriften, hvilket skyldes, at det er her udviklingstendenserne er værst. Dette påvirker hele systemet, da busserne transporterer langt flere passagerer end øvrige kollektive transportsystemer tilsammen. For at forbedre det samlede system, bliver det dermed fundet nødvendigt at fokusere på busdriften og de interne faktorer pålidelighed og rejsetid. Et af elementerne til bedre pålidelighed og rejsetid opnås ved at analysere de køreplaner, busserne opererer med i dag. For at kunne gøre dette har trafikskabet Movia behov for et systematisk redskab til at fastsætte den optimale rejsetid på baggrund af større datamængder.

For at dokumentere og kortlægge hvor køreplanerne med fordel kan optimeres, er der taget udgangspunkt i positionslogninger via GPS, der er indsamlet fra stambuslinie 5A fra Sundbyvester Plads til Husum Torv over en periode på en måned. I forbindelse med arbejdet til optimering af rejsetiderne i køreplanerne, bliver der først analyseret på variationen af gennemsnitlig rejsetid herover hverdagene mandag til fredag samt i løbet af et enkelt hverdagsdøgn. Denne analyse af rejsetid og spredning imellem rejsetidsmålingerne, giver et generelt indblik i rejsetiden og indikerer om der er behov for forskellige køreplaner mandag til fredag. I dag opererer Movia med forskellige køreplaner hverdage, lørdage samt søndage og helligdage. Analyse af dagtypevariationen viser ingen klare entydige tendenser, men der burdes imidlertid opereres med forskellige rejsetider på fredage i nordvestlig retning mod Husum Torv.

Resume

Analysen af rejsetidsvariationen herover hverdagene er interessant, men den opfylder imidlertid ikke projektets formål med ønske om at analysere på rejsetiderne i de pågældende køreplaner. Til dette er der udviklet en metode, der statistisk sammenstiller de faktiske rejsetider med dem, der planmæssigt er langt ind i køreplanerne. Herved udregnes differencen imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider, og ud fra middelværditest er det vurderet i hvor høj grad, der er forskel mellem disse. Da projektets hovedformål er en metodeudvikling, tages der kun udgangspunkt i delstrækningen Frederikssundsvej fra Nørrebro Station til Husum Torv på linie 5A. Afgrænsningen skyldes, at der kun foretages en screening af linie 5A, og derved er resultaterne ikke målet i sig selv.

Screeningen af delstrækningen på linie 5A viser, at rejsetiderne i køreplaner med fordel kan optimeres. Køreplanen kan og bør strammes op, ikke mindst i nordvestlig retning fra Nørrebro Station mod Husum Torv. I den modsatte retning mod Nørrebro Station er potentialet ikke så stort, og enkelte steder bør rejsetiden i køreplanen endda udvides.

Trafikselskabet Movia får med metoden et redskab, de systematisk kan anvende, når der skal ændres eller udarbejdes nye køreplaner. Den udviklede metode til analyser af GPS-data, er enkel, forståelig og nem for køreplanlæggere at benytte. Det anbefales dog at udvælge en større tidsmæssig afgrænsning end den i projektet benyttede, hvilket vil medføre større pålidelighed til resultater af undersøgte linier. Det kan med fordel vælges at betragte de fire måneder oktober til november og januar til februar. Målet er 100 rejsetidsmålinger i hvert tidsrum i de pågældende dataudtræk.

2 ABSTRACT

In this project, a method for systematical analysis of GPS-data is presented, in order to get timetables in public bus service that is closer to reality. Besides this, it also assess the potential of adjusting travel times after the variation of days, considering the variation of the travel time and dispersion between the data, within Monday to Friday and also in the concerned weekdays.

To inform about how public transport and particularly the bus system are composed, the public transport system in the metropolitan area is described, focusing on Copenhagen and the central municipalities. Subsequently, the evaluation in public transport shows that the system overall, in spite of major investments, has had difficulties in retaining passengers for a number of years. This has even happened during a period where traffic has increased significantly. The study suggests that several factors that affect use of public transport are external, and thus parameters that traffic operators in the metropolitan area can not directly change. Nevertheless, a number of internal factors, especially inferior reliability and longer travel times have contributed to the negative tendency in the passenger number.

The study also shows that the negative trend in the overall public transport is attributable to the bus service, reflecting that the trends are worst in this area and affect the entire system as busses carry many more passengers than other public transport together. To improve the overall system, focus on the bus service and the internal factors, reliability and travel time, is therefore considered necessary. One way of improving reliability and travel time is achieved by analyzing the timetables that busses operate within. This is due to the transport authority Movia's lack of a systematic tool to determine the optimal travel time based on a larger amount of data.

To document and identify where the timetables usefully could be optimized based on its position by GPS, data from the bus line 5A from Sundbyvester Plads to Husum Torv is collected over a period of one month. In addition to optimize the travel times of the timetables, the variation of average travel time Monday to Friday and during a single day will first be analyzed. This analysis of travel time between traveling and dispersion measurements provides a general insight into travel time and indicates the need for different timetables Monday to Friday. Today Movia operates with different timetables weekdays, Saturdays, Sundays and Holidays. Analysis of the variation of day shows no clear trend, but there should, however, be different travel times on Fridays in a northwesterly direction towards Husum Torv.

Abstract

The analysis of travel time variation over the weekdays is interesting but does not meet the projects purpose, with intention to analyze the travel times in the timetables. For this a method, to statistically assemble the actual travel time with those who are scheduled into the timetables, is developed. This calculates differences between planned and actual travel times, and the statistical test for the means assess to what extent there is a difference between these. Since the project's main objective is a Method development, only sections from Nørrebro Station to Husum Torv in line 5A has been chosen. This is due to the project only making a screening of line 5A, and thus the results are not ends in themselves.

The screening of sections in line 5A shows that travel times in timetables can be optimized with benefit. The timetables can and should be strengthened, especially in north-westerly direction from Nørrebro Station towards Husum Torv. In the opposite direction towards Nørrebro Station is the potential smaller, and at some points should the travel time in the timetables even be extended.

With the method, the transport authority Movia get a tool they can systematically apply, when new timetables should be amended or created. The developed method for analysis of GPS data is simple, understandable and easy for planners to use. It is however recommended to select a larger temporal boundary than the project has used, thus resulting in greater reliability to the results of the investigated lines. It can advantageously be chosen to consider the four months in October to November and January to February. The goal is 100 travel time measurements in each period in the concerned data extraction.

3 INDLEDNING

Den økonomiske udvikling som landet har befundet sig i fra årtusindeskiftet og frem til efteråret 2008 har affødt en kraftig stigning i trafikken på det danske vejnet. I og omkring de større byregioner er situationen i særlig grad forværret, og der ses store forsinkelser som følge af øget trængsel. Ikke mindst i hovedstadsområdet, hvor der dagligt bruges mere end 130.000 timer i køer svarende til et årligt samfundsmæssigt tab på ca. 6 mia. kr. (Kommuneforum, 2008, s. 5). Det forventes, at trafikken yderligere vil stige i løbet af de næste 10 år med 20 til 35 pct. på alle overordnede veje i hovedstadsområdet hvis ikke, der sker væsentlige ændringer i pendlingsmønstret eller trafikanternes valg af transportmiddel (InstKom, 2007a).

Allerede i dag medfører trafikstigningerne øgede gener for samfund og miljø, men også den enkelte borger påvirkes. Derfor er der fra politisk side ydret ønsker om at gennemføre tiltag, som skal få den individuelle trafikant til at vælge bilkørslen fra til fordel for bl.a. den kollektive trafik. En vækst i den kollektive trafik vil afføde flere fordele såsom bedre miljø, som der i de sidste par år har været stort fokus på. Derudover er det i samfundet interesse at trængslen reduceres, idet der spildes mange timer ved at sidde i kø på vejnettet, i og omkring hovedstadsområdet.

Flere steder i landet er der gennemført en række tiltag, som skal forbedre den kollektive trafiks image og renommé. I Aalborg og omegn blev den kollektive busstrafik omlagt ved gennemgribende ændringer efter svensk forbillede, og i Århus skal der etableres en letbane, der skal give den kollektive trafik i byen et væsentligt løft. De største tiltag findes i hovedstadsområdet, hvor der siden årtusindeskiftet er foretaget store investeringer i den samlede kollektive trafikbetjening. Investeringer som dels dækker over nyanlæg og driftsudvidelse omfatter bl.a. metrobyggeriet, udbygning af ringbanen, nyt togmateriel på S-togsnettet og etablering af et højklasset stambusnet.

Sidstnævnte tiltag vedr. omlægningen af busstrafikken skal ses i sammenhæng med etableringen af metroen, hvor trafikselskabet Movia har måttet reducere busdriften, som følge af metroens udvidelse i de centrale dele af København. Målet med omlægningen var i øvrigt, som det også var tilfældet i Aalborg, at skabe en mere markedsorienteret kollektiv busstrafik, hvor busdriften blev rettet derhen, hvor efterspørgslen var størst.

På trods af tiltagene i hovedstadsområdet har den kollektive trafik kun lige været i stand til at fastholde passagererne, og dette er netop sket i en periode med meget kraftig trafikvækst. Ses der specifikt på busdriften, er det her, at udviklingstendenserne er værst. Movias busser har således haft en nedgang fra 2002 på op mod 11 pct. (Cowi, 2008, s. 15).

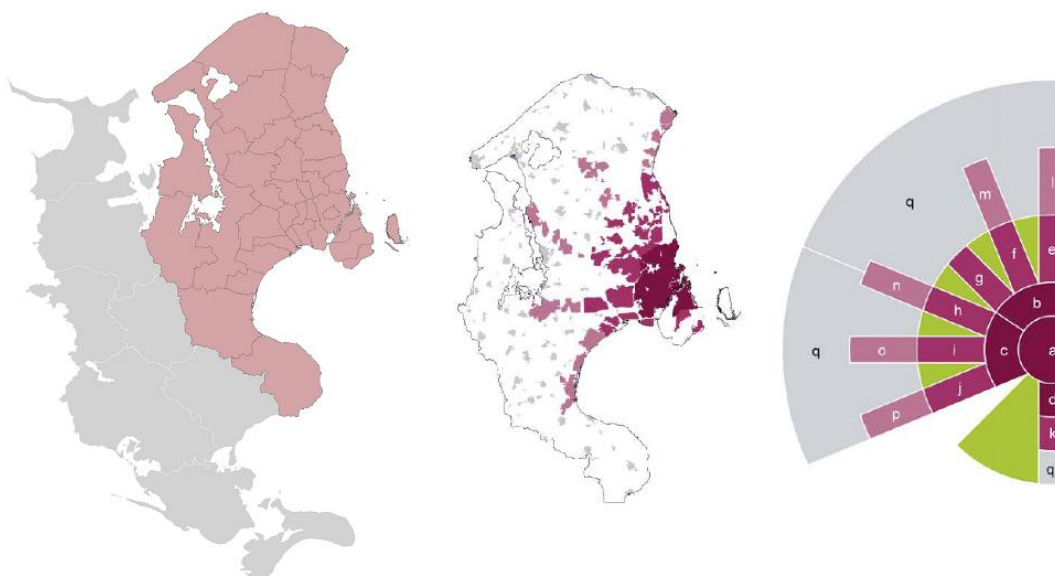
Indledning

Dét, der synes at have væsentligst indflydelse på passagerflugten, er ifølge kunderne bussernes manglende pålidelighed. En manglende tillid til at busserne kører og ankommer til tiden samt at frekvensen opretholdes. Movia skal enten blive bedre til at levere den service, de stiller kunderne i udsigt, eller blive bedre til at afstemme kundernes forventninger. Regulariteten og i særdeleshed rettidigheden skal altså forbedres.

Movia peger selv på et konkret tiltag, hvortil pålideligheden kan øges. Der synes at være et uudnyttet potentiale i de køreplaner, der opereres med i dag. Når køretider i køreplanerne fastsættes, benytter Movia sig ikke af det informationsmæssige store datagrundlag, som de reelt sidder inde med, og dermed er der mulighed for, at de planlagte køretider ikke repræsenterer de faktiske. GPS-registreringer om bussernes kørsel bliver ikke systematisk anvendt, hvilket er til ulempe for Movia, idet de ikke har kendskab til, om bussernes ankommer rettidigt eller om regulariteten opretholdes.

For at undersøge hvorledes Movia kan få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden, vil der i dette projekt udarbejdes en metode til fastlæggelse af optimal køretid på baggrund af en systematisk analyse af GPS-data. Yderligere vil der udfærdiges en metode til generel beskrivelse af variationen i køretiden. Ved metoden til optimering af køretider sikres, at busserne får den optimale køretid i forhold til planlagte forhold.

Hovedstadsområdet, som dette projekt tager afsæt i, er beliggende i den nordøstlige del af Sjælland og udgøres af 34 kommuner, jf. figur 1 (tv). Et flertal af disse indgår i, hvad der kendes ved fingerbyen bestående af; Køgefingern (p, j), Roskildefingern (o, i), Frederikssundsfingern (n, h), Farumfingern (g), Hillerødfingern (m, f), Helsingørfingern (l, e), Amagerfingern (k), håndfladen (a, b, c, d), udenfor fingerbyen (q), jf. figur 1 (th).



Figur 1. Hovedstadsområdets 34 kommuner (tv), boligkoncentrationer (midt), radialfingrene (th).

Hovedstadsområdet rummer store arealer i landzone, men kan funktionelt opfattes som en by jf. figur 1 (midt) (blst, 2007b, s. 9). I de alt 3.028 km² bor der 1.850.000 indbyggere.

Den moderne planlægning af hovedstadsområdet begyndte, da Dansk Byplanlaboratoriums Egnspanudvalg i 1947 offentliggjorde et skitseforslag til en egnspan, som sidenhen er kendt som Fingerplanen. Mens byfingrene skulle række 15 til 20 km ud fra København centrum, skulle kilerne imellem friholdes som landzone. Forslaget blev lovfæstet i Byreguleringsloven to år senere i 1949 (Vagnby, 2007).

I 1960 udgav et fælles statsligt-kommunalt byplannævn en principskitse til egnspan for Storkøbenhavn, som forudså en kraftig vækst i antallet af indbyggere frem til årtusindeskiftet (Gyldendal, 2009). I takt med væksten blev det bestemt, at byudviklingen primært skulle lokaliseres i otte kommuner langs Køgebugtfingeren. Dette førte til en dispositionplan for området i 1966, hvis hovedtræk blev realiseret fra 1970'erne (Vagnby, 2007).

De tidligere tre nordsjællandske amter samt Københavns og Frederiksberg kommuner dannede i 1967 Egnspanrådet for Nordsjælland og trekanten bestående af København, Roskilde og Køge. Rådet udsendte den meget vækstorienterede Regionsplan 73 med bl.a. udkast til en diagonal transportkorridor fra Helsingør via Høje Taastrup til Køge samt fire regionale storcentre til aflastning af Københavns centrum. Den økonomiske recession fra 1974 gjorde imidlertid planen urealistisk, og samme år blev Egnspanrådet erstattet af Hovedstadsrådet, som i 1978 vedtog den såkaldte Regionsplans 1. etape 1977 til 1992. Denne videreførte ideerne fra Regionsplan 73, dog i mindre udgave. (Gyldendal, 2009)

Der skulle gå over 20 år, før der igen blev foretaget en ny regionsplan. Regionsplan 1989 skulle gøre op mod de store indhug i de åbne arealer mellem fingrene, som der siden sidste plan var foretaget. Der blev lagt en helhedsbetragtning på trafik- og byudviklingen og det var ønsket, at vende tilbage til de oprindelige principper fra 1947 (Vagnby, 2007).

Strukturreformen fra 2007 gav staten afgørende indflydelse på hovedstadsområdets planlægning. Dette skyldes, at hovedtrækkene i arealanvendelse fastlægges gennem et statsligt landsplandirektiv (Vagnby, 2007). Fingerstrukturen fastholdes dog som grundprincippet for byvæksten, hvilket også gælder ved retningslinierne for hhv. det indre storbyområde (håndfladen), det ydre storbyområde (byfingrene), de grønne kiler og det øvrige hovedstadsområde.

S-tognettet, og til en vis grad motorvejsnettet, udgør grundstammen i fingerstrukturen bestående af de ydre (p, o, n, m, l) og indre fingre (j, i, h, g, f, e, k), jf. figur 1. De tværgående forbindelser mellem fingrene udgøres primært af regionale busser, kørende på det overordnede vejnet. I de indre bydele i håndfladen (a, b, c, d), danner trafiknettet en fintmasket struktur, som serviceres af højfrekvente A-busser samt S-togs- og metrosystemet.

4 DET KOLLEKTIVE TRAFIKNET

Siden 1973 har der eksisteret et lovfæstet samarbejde i hovedstadsområdet mellem operatører af den offentlige servicetrafik på bane og vej. Samarbejdet, som har til formål at fremme koordinering af trafikken til gavn for passagererne samt at give passagererne mulighed for at benytte bus og tog på samme billet, omfatter i dag aktører fra DSB, DSB S-tog, DSBFirst, Metroselskabet I/S og Movia (Trafikstyrelsen, 2008, s. 6). I det følgende beskrives det samlede kollektive trafikudbud i hovedstadsområdet for at give en forståelse for, hvordan systemet er opbygget og fungerer. Yderligere beskrives by- og regionsstrukturen i hovedstadsområdet i sammenhæng med det omtalte kollektive trafiksystem.

Det kollektive trafiksystem skal opfattes som en helhed bestående af regionaltog, S-tog, metro, busser og lokalbaner, der giver passagerer mulighed for at rejse i mere end ét af systemerne. Ca. halvdelen af passagererne i S-togene og metroen benytter sig af denne mulighed (Movia, 2008a, s. 21). Anderledes er det ved passagererne i Movias busser, hvor op mod 75 pct. kun rejser i bus. Dette skal ses i sammenhæng med, at busser i højere grad end den skinnearbejds trafik kommer tættere på passagerernes destinationer.

4.1 HOVEDSTADENS BYSTRUKTUR

En samordnet areal- og transportplanlægning er væsentlig for trafikstrukturen og derfor har stationsnærhedspolitikken været et bærende element i regionplanlægningen i hovedstadsområdet siden Regionplan 1989. Lokaliseringspolitikken, der har rødder tilbage til Fingerplanen fra 1947, skal sikre at byfunktioner med stor persontransport, typisk kontor- og servicevirksomheder, lokaliseres tæt ved velbetjente stationer på S- og regionaltogets- samt metronettet, jf. figur 2. Det grundlæggende trafikale mål er, at fremme brugen af kollektiv trafik og begrænse den individuelle personbilkørsel. (HUR, 2003, s. 45)



Figur 2. Fingerplan 1947 (tv), Hovedstruktur (th).

Det kollektive trafiknet

Den trafikale idé er, at den enkelte borger skal tilbydes frihed til at vælge mellem flere transportformer – den, der passer den rejsende bedst. Tankegangen er, at det frie valg vil fremme en frivillig overflytning til kollektive transport. Ved at nogle rejsende vælger personbilkørsel fra til fordel for den kollektiv trafik opstår en positiv effekt, hvor det kollektive trafikudbud bliver bedre i takt med, at der er flere, der vælger at rejse kollektivt (Hartoft-Nielsen, 2002, s. 1).

Stationsnærhedspolitikken sigter imidlertid ikke kun på trafikale mål, men et sammenhængende sæt af såvel trafikale, økonomiske, miljømæssige og sociale mål som:

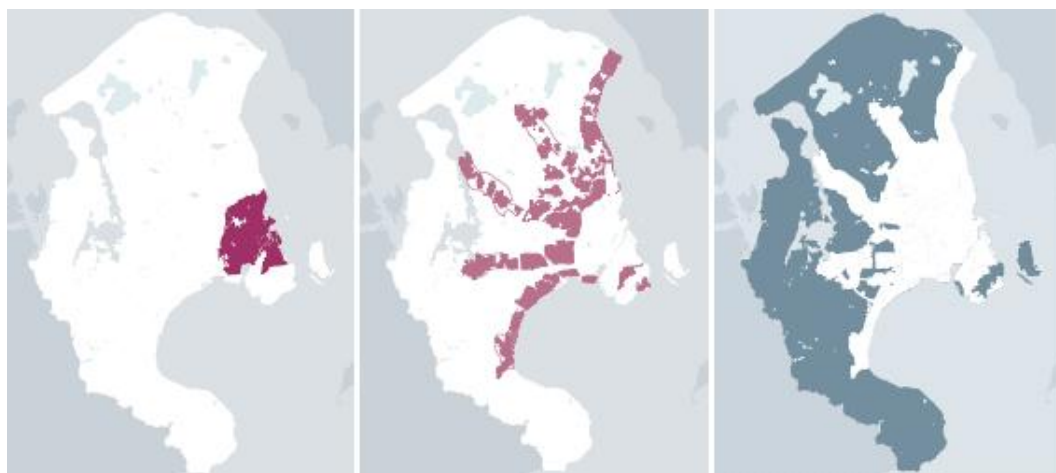
- at sikre mobilitet og tilgængelighed til centrale byfunktioner for alle
- at fremme en frivillig overflytning fra bil til kollektiv transport
- at aflaste vejnettet, undgå trængsel og sikre fremkommelighed
- at begrænse transportens miljøbelastning
- at understøtte økonomien i den kollektive trafik
- at friholde grønne kiler for bebyggelse
- at begrænse arealforbruget til byformål

Flere studier peger på, at lokaliseringspolitikken har væsentlige trafikale effekter, hvilket er en betydelig årsag til, at Hovedstandsregionen i dag er blandt de storbyregioner med mindst trængsel (HUR, 2003, s. 45). Brugen af kollektiv trafik øges, når stationsnærhedsprincippet er gældende og generelt ses et lavere energiforbrug til transport (Møller, 2008, s. 14). Yderligere betyder lokaliseringspolitikken, at rejsende tilbydes et friere valg af transportmiddel samtidig med, at borgere uden bil tilbydes den nødvendige mobilitet. Dermed er stationsnærhedspolitikken ikke kun trafikalt og økonomisk betinget, men i høj grad socialt og miljømæssigt.

4.1.1 DE INDRE BYDELE – HÅNDFLADEN

City og brokvartererne er tæt bebyggede og udgør et sammenhængende byområde med stor befolkningstæthed og et stort udbud af arbejdspladser, kommunale institutioner og detailhandelscentre. City og brokvartererne omfatter regionens hovedcenter 'Københavns Centrum' og en række større bydelscentre langs de radiale indfaldsveje i brokvartererne, jf. figur 3 (tv). Området omgrænses af Indre by, Christianshavn, Østerbro, Nørrebro, Vesterbro, Valby, Vanløse, Brønshøj, Husum, Bispebjerg, Amager og Frederiksberg (København Kommune, 2009). Trafiknettet i området danner en fintmasket ring-radialstruktur, hvilket muliggør, at radiale og tværgående busruter forbindes med stationer og stoppesteder på det regionale net. Det kollektive bussystem er sammensat af dobbeltrადialeruter, der kører igennem Københavns Centrum og gennemgående tværruter fra "kyst til kyst", og således kan en større andel lokalrejser i håndfladen foretages med blot 1 skift. Det højklassede kollektive trafiksystem bevirker, at borgere indenfor håndfladen

transporterer sig mere med kollektiv trafik end borgere noget andet sted i landet, samtidig med de generelt har et væsentligt lavere transportomfang (Møller, 2008, s. 7).



Figur 3. Hovedstadsområdet, håndfladen (tv), byfingre (midt), øvrige områder (th) (blst, 2007a).

4.1.2 DE YDRE BYDELE – BYFINGRENE

Byfingrene har karakteristiske fællestræk, men er dog indbyrdes forskellige. De kan hver for sig beskrives som en række byområder af forskellig størrelse opbygget omkring stationerne på de radiale baner, jf. figur 3 (midt). I byfingrene findes store rejsemål i form af detailhandelscentre og store arbejdspladskoncentrationer. Det lokale net i byfingrene giver dog også forbindelse fra boligkvarterer til indkøbscentre, kommunale institutioner, arbejdspladser mv. via lokalbustrafik, der dækker beboernes rejsebehov indenfor det enkelte byområde. Yderligere fungerer lokalnettet som tilbringerbuslinier til det regionale net fra byområder, der ligger udenfor acceptabelt gangafstand fra dette nets stationer og stoppesteder.

4.1.3 OMRÅDERNE UDENFOR FINGERBYEN

I områderne mellem byfingrene findes en større andel af mindre bysamfund, der betjenes med lokale busruter. Ruterne forbinder bysamfundene med hinanden og med de nærmeste centre og stationer i byfingrene, så borgere i disse områder har adgang til den regionale rutetrafik. I områder omkring større byer udenfor byfingrene fungerer de lokale busruter som tilbringerforbindelser til det regionale net, idet alle større byer er trafikbetjent af regionale ruter. Først og fremmest skal disse forbinde bysamfund i landområdet med de større byers arbejdspladser og servicefunktioner. De mange tyndtbefolkede landområder imellem og udenfor fingrene kan generelt ikke forvente selvstændig kollektiv trafikbetjening. Disse områder betjenes af transportformer, som er specielt indrettet efter behovet i tyndtbefolkede landområder, såsom telebus (Jensen, 2007, s. 78).

4.2 DET SKINNEBÅRNE SYSTEM

Det skinnearne trafiksystem er primært koncentreret omkring S-togsnettet, som fungerer som den grundlæggende struktur i fingerplanen sammen med de regionale banestrækninger København-Helsingør og København/Kastrup Lufthavn-Roskilde, jf. figur 4. De radiale strækninger er styrende for den køreplanmæssige koordinering, således at køreplanen for de øvrige regionale forbindelser samt den lokale tilbringertrafik er regulerede i forhold til disse.

Radialbanernes betjening sker ved en differentieret drift med S-tog, som kun standser ved visse stationer, og andre S-tog, som standser ved alle stationer på banenettet, jf. figur 4. S-togsnettet består af linierne; A 'blå', B 'grøn', Bx 'lysegrøn', C 'orange', E 'violet', F 'gul', H 'rød' (Movia, 2009c). Alle linier med undtagelse af Ringbanen forbindes i centrum af København med stop ved samtlige stationer, der ligger indenfor håndfladen.

Linie H som forbinder Hillerød med Køge har 10 min. drift i dagtimerne mandag til lørdag. Linie A stopper ved samtlige stationer mellem Farum og Hundige og har 10 min. drift i dagtimerne mandag til lørdag. Mellem Holte og Høje Tåstrup kan der opnås forbindelse med linie B. Linien har 10 min. drift og stopper ved alle stationer. Linie Bx mellem Farum og Høje Tåstrup kører kun i morgen- og eftermiddagsmyldretiden og har 20 min. drift mandag til fredag. Linien betjener kun de vigtigste stationer, herunder knudepunktsterminaler. (DSB, 2009)

Der kan opnås forbindelse til Frederikssund via linie C og H. Linie C, som stopper ved alle stationer, forbinder Klampenborg og Ballerup/Frederikssund og kører med 10 min. drift i dagtimerne mellem Klampenborg og Ballerup. Fra Ballerup mod Frederikssund har S-toget 20 min. drift. Linie H kører mellem Østerport og Frederikssund og har 20 min. drift i dagtimerne mandag til lørdag. Ringbanen, linie F, som forbinder Hellerup med Ny Ellebjerg har 5 min. drift i dagtimerne og 10 min. drift lørdag, søndag og helligdage. Linien stopper ved alle stationer. (DSB, 2009)

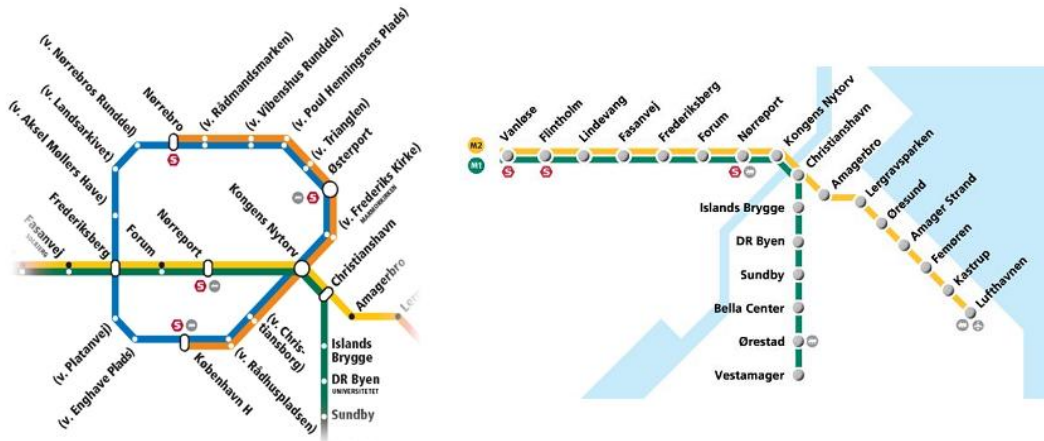
Skal passagerer foretage rejser indenfor håndfladen mellem Svanemøllen og Dybbølsbro er ankomstfrekvensen på hver station omkring to min. Frekvensen på radialstrækningerne aftager herefter i takt med afstanden til Københavns Centrum. De ydre dele af fingrene serviceres af to linier. Helsingør fingeren serviceres dog af en S-togslinie og kun til Klampenborg, men på denne strækning kører regionaltoget med 20 min. drift i dagtimerne mandag til fredag. I de ydre fingre er der generelt en frekvens på 10 min. (DSB, 2009)



Figur 4. Det skinnebårne trafiksystem i hovedstadsområdet (Movia, 2009c).

For at forbedre mobiliteten i de centrale dele af København skal Metroen stå færdig i 2018 (Metroselskabet, 2009). I dag dækkes de centrale byområder i Vanløse, Frederiksberg, Københavns Centrum og Amager af de to metrostrækninger Vanløse-Vestamager og Vanløse-Kastrup Lufthavn. Den nye Cityring, som er ved at blive realiseret, skal forbinde de allerede etablerede metrostationer med Københavns Hovedbanegård, Østerport, Trianglen, Nørrebro, Indre Nørrebro og Vesterbro, jf. figur 5 (tv). Cityringen vil derved give en markant forbedring af det kollektive trafikudbud i de indre bydele og brokvartierne i Københavns og Frederiksbergs Kommuner.

Det kollektive trafiknet



Figur 5. Kommende Cityring (tv), hidtidige metrolinier (th) (Metroselskabet, 2009).

På de centrale strækninger mellem Christianshavn og Vanløse er begge metrolinier i drift, hvilket betyder at frekvensen mellem metro-togene i myldretiden i tidsrummet 7-10 og 15-18 er 2 min. Mellem Christianshavn og Vestamager samt Christianshavn og Kastrup Lufthavn er frekvensen 4 min. I dagtimerne før, mellem og efter myldretiden er frekvensen på de centrale strækninger 3 min. og 6 min. på Øst- og Vestamager. Fordelen ved de førerløse togsæt er, at metrosystemet også kører om natten med 15 min. drift på alle strækningerne.

I de ydre dele af Hovedstadsområdet udenfor byfingrene findes et udbyd af lokalbaner, hvis primære opgave er, at servicere bolig-arbejdsstedstrafikken og herunder i tilbringer- trafikken til den øvrige kollektive trafik, især S- og regionaltoget (Movia, 2009a). Lokalbanerne i og omkring hovedstadsregionen omfatter, jf. figur 4:

- Østbanen fra Køge til Rødvig/Fakse Ladeplads
- Nærumsbanen fra Jægersborg til Nærum
- Frederiksværkbanen fra Hillerød til Hundested
- Gribskovbanen fra Hillerød til Tisvildeleje/Gilleleje
- Hornbækbanen fra Helsingør til Gilleleje
- Lille Nord fra Hillerød til Helsingør

Frekvensen på lokalbanerne afhænger af tid på dagen og hvilken lokalbane, der er tale om. Østbanen kører i myldretiden med 30 min. drift og 60 min. udenfor. Det samme er tilfældet med Gribskov-, Hornbæk- og Frederiksværkbanen. På lørdage, søndage og helligedage varierer udbuddet mellem ét eller to tog hver anden time. Lille Nord kører kun med ét tog pr. time i dagtimerne. Nærumsbanen er den strækning, hvorpå frekvensen er højst med 20 min. drift i dagtimerne og 10 min. drift i tidsrummet 6.45-8.45 og 15.45-17.45. (Lokalbanen, 2009)

4.3 BUSNETTET

I perioden fra 2002-2003 blev der som følge af åbningen af Københavns Metros første etape foretaget en omlægning af busdriften. Omlægningen var en offensiv strategi, der gav områder udenfor Metroens influens en forbedret busbetjening. Det nye stambusnet 'A-busnettet' skulle effektivt spille sammen med Københavns Metro og S-togsbanenet og generelt rette busdriften hen imod de områder, hvor efterspørgslen var størst. Ideen om et højklasset busnet var inspireret af erfaringer fra Stockholm og Jönköping i Sverige. I Stockholm blev bustrafikken restruktureret i de centrale bydele med oprettelse af fem stambuslinier. Disse fungerer som grundstruktur i den kollektive trafik og bliver suppleret med såkaldte Pluslinier i myldretiden. (HT, 2000, s. 15)

I Jönköping blev 15 buslinier erstattet af to højfrekvente stambuslinier med tilhørende lokalbusnet og fødelinier. De to stambuslinier betjener de største passagerstrømme med direkte linieføringer og på alle strækninger køre busserne i busbaner med signalprioritering i krydsene. De fleste stoppesteder er fremrykkende og udstyret med realtidsinformation. Antallet af busrejser er steget med 14 pct. som følge af indførelse af stambusnettet. Heraf er seks pct. kommet fra bil. I dag er systemet udbygget med en ekstra strambuslinie. (Jensen, 2007, s. 171)

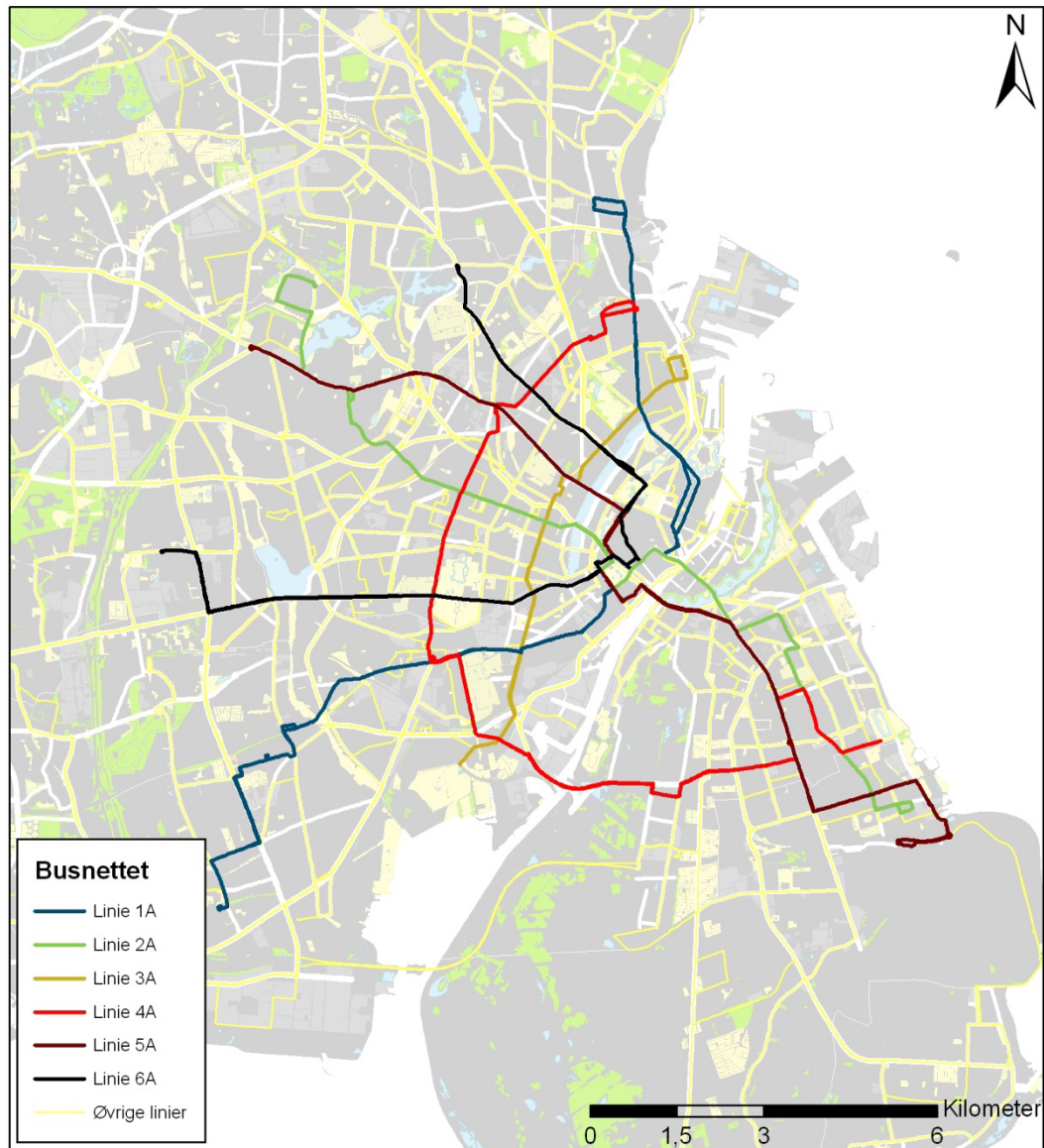
De anvendte principper for planlægningen af A-busnettet var, at det kollektiv trafikssystem sammen med S-busserne, S-togene og Metroen skulle være enkelt og overskueligt. Det forenklede busnet skulle betjenes af højfrekvente busser med kort rejsetid og god regularitet. Stambusnettets store styrke ligger netop i den høje frekvens, som overflødiggør køreplaner i dagtimerne. Yderligere og af samme grund er det særdeles vigtigt, at bussernes er præcise og kan fastholde tidsintervallerne mellem busserne. Derfor blev der etableret en omfattende busprioritering, hvor busserne blev sikret mod eksterne elementer såsom trængsel i myldretiden. I forbindelse med busprioriteringen blev der udover busbaner og aktiv prioritering i signalanlæg indført et nyt informationssystem, som skulle øge anvendelse af IT i den kollektive trafik i hovedstadsområdet til fordel for passagerer og trafikselskab, jf. Bilag 1 A bus IT – ABIT.

A-busnettet suppleres af to andre former for busbetjening, hhv. S-busserne og det supplerende busnet bestående af lokale busser, E-busser, købstadsbusser, natbusser, servicebusser, telebusser og havnebuser (Movia, 2009b). S-busserne er hurtigkørende buslinier, der både kører på tværs af S-togsnettet og langs de radiale byfingre. S-busserne betjener primært de lange rejser og har kun få stop.

Det supplerende busnet er et vigtigt led til at supplere det overordnede kollektiv trafikssystem bestående af S-tog, Metro, S-busser, og A-busser, jf. figur 6. Det skal både servicere passagerer, der har problemer med længere gangafstande såsom ældre og gangbesværen-

Det kollektive trafiknet

de og for passagerer, der rejser på tværs af den radiale hovedstruktur. Både S-busserne og det supplerende busnet, primært i form af de lokale busser blev med omlægningen reducerede med lavere frekvens og 33 pct. af S-busserne blev nedlagt (HT, 2000, s. 4).



Figur 6. A-busnettet samt det supplerende busnet og S-busnettet.

A-busnettet omfatter seks A-buslinier bestående af fire dobbeltradiallinier samt to ringlinier og dækker Københavns og Frederiksbergs Kommuner samt områder i visse nabokommuner, heriblandt; Hvidovre, Rødovre, Herlev, Ballerup, Gladsaxe og Tårnby, jf. figur 6. De fire dobbeltradiallinier 1A, 2A, 5A og 6A passerer alle Hovedbanegården og mindst et af City-punkterne; Rådhuspladsen, Kgs. Nytorv og Nørreport. Disse punkter samt andre større terminaler i København, fungerer som centrale omstigningspunkter i både A-busnettet samt mellem bus, tog og metro.

De to tværgående ringlinier 3A samt 4A fra hhv. Nordhavn st. via Indre Nørrebro og Frederiksberg til Valby, og Svanemøllen via Nørrebro og Valby st. videre til Amager sikrer gode forbindelser mellem de fire radialelinier. På Amager forbinder 4A yderligere Valby med Bella Center Metro st. og videre herfra til Sundbyvester og via Amagerbrogade til Sundbyøster. Derudover er der på Amager, de to linier 2A samt 5A som hhv. forbinder Hovedbanegården med Islands Brygge Metro st., Universitetet og videre til Sundbyøster og Kastrup, og Hovedbanegården via Amagerbrogade med Sundbyvester og Kastrup Lufthavn. Linierne fremgår af tabel 1. (Movia, 2009c)

Stambuslinie	Myldretid	Afgang/time		Bemærkninger
		Dag	Lavtrafik	
1A Hellerup st. - Kgs. Nytorv – Hvb.g. - Hvidovre - Avedøre st.	12	12	6	Hver 2. afg. Hvidovre Hosp. - Avedøre
2A Tingbjerg - Hvb.g. - Sundbyøster - Lufthavnen	8	8	8	Hver 2. afg. Hede-gårdsvej - Lufthavn
3A Nordhavn st. - Blegdamsvej - H.C. Ørstedesvej -Valbyparken	8	8	6	
4A Svanemøllen st. - Nørrebro st. - Valby st. - Sundbyv.Pl. - Amager Strandpark	14	8	6	Hver 2. afg. i myldretid Sundbyv. Pl. - Amager Strand
5A Husum st. - Nørrebro st. Hvb.g. Sundbyv. Pl. - Lufthavnen	12	12	8	Hver 2. afg. Sundbyv. Pl. - Lufthavnen
Supl. Husum st. - Nørrebro st.	6	6	0	
6A Rødovre st. - Hvb.g. - Emdrup Torv	10	10	6	

Tabel 1. A-linierne (HT, 2000, s. 21).

Som det fremgår af tabel 1 kører alle buslinierne med så høj frekvens, at køreplanerne er overflødiggjort, i særlig grad i myldretiden og dagtimerne hvor der er mellem 8 og 14 afgang pr. time (Jensen, 2007, s. 93). Imellem Husum st. og Nørreport st. på linie 5A er frekvensen så høj, at der afgår en bus hvert tredje minut, jf. tabel 1.

A-busserne kører på hverdagsaftener, lørdag efter kl. 14, søndag og helligdage med 10 min. drift, hvilket betyder, at der på disse tidspunkter i højere grad er behov for egentlige køreplaner med afgangstider. Frekvensen på S-busserne og det supplerende busnet varierer fra et par afgang over nogle afgang til afgang med 6 busser pr. time, afhængigt af hvilken linie, der er tale om.

I det følgende gennemgås, hvordan køreplaner bliver udarbejdet i Movia for at klarlægge vanskelighederne i køreplanlægning. Denne viden kan senere blive relevant i forhold til om forholdene, heriblandt køreplaner, kan gøres bedre i den kollektive trafik.

4.3.1 PLANLÆGNING AF KØREPLANER

Køreplanlægningen i Movia tager afsæt i lovgivningen om trafikselskaber (Lov nr. 582 af 24.06.2005) og med denne har kommunerne og regionerne fået ansvaret for at fastlægge serviceniveauet i den lokale kollektive trafik, jf. Bilag 2 Køreplanlægning. Det er trafikselskabernes opgave og ansvar at koordinere lokal og regional bustrafik, så den passer ind i det samlede kollektive trafikudbud rundt om i landet. Når en køreplan udarbejdes involverer det dermed parter på forskellige strategiske niveauer. De mange aktører bestående af kommuner, regioner, trafikselskab og busvognmænd, og deres forskellige interesser, besværliggør at optimere køretider i køreplanerne, der er optimale i forhold til linieføring og netop rejsetid (Movia, 2009d).

Generelt må det nævnes, at køreplaner i højere grad er præget af forhandling, end at de tager udgangspunkt i den virkelige situation i hvert fald, hvad rejsetider angår, jf. Bilag 2 Køreplanlægning. I forhold til forhandling mellem kommuner og trafikselskab skal busstrafikken planlægges meget nøje, idet den i mange kommuner er sammenhængende på tværs af kommunegrænserne. Dette betyder, at kommunernes ønsker til ændringer i køreplanerne skal koordineres, da ændringer i én kommune påvirker betjening og økonomi i nabokommunerne.

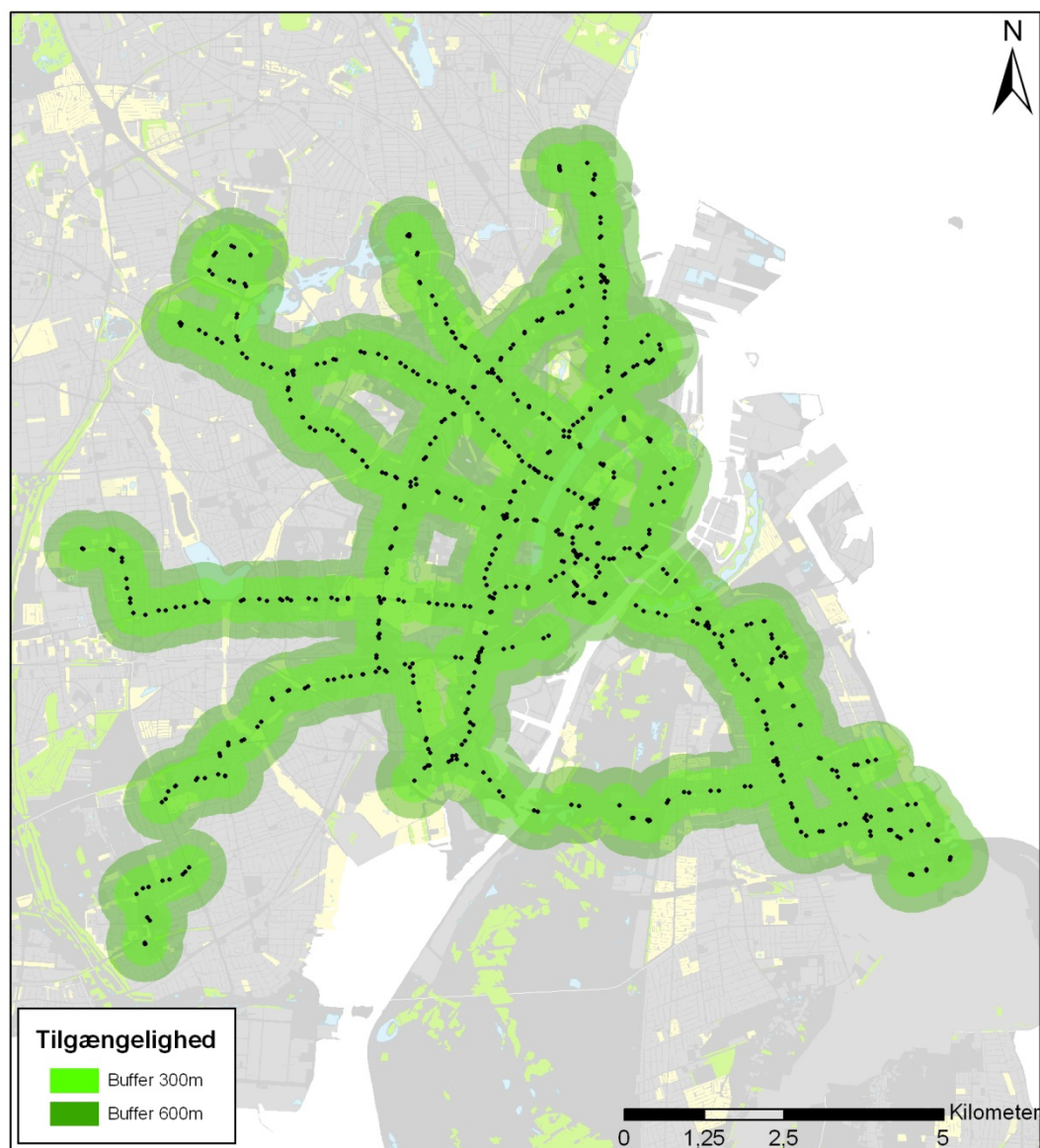
Derudover er der trafikselskabernes dialog og kontrakt aftaler med entreprenørerne. I forhold til ønske om ændringer fra kommunens og regionens side, som varetages af Movia, er Movia bundet af deres kontrakter til entreprenøren (Movia, 2009d). Dette kan gøre det svært at foretage ændringer, der virker til gavn for trafikselskabs driftsøkonomi, såsom at gøre køreplanen mere ”stram”, hvis det viser sig, at busserne har overskud af tid i den samlede rejsetid. Dette kan evt. være tilfældet ved for tidlig ankomst til bl.a. stoppesteder, som bevirker, at bussen skal udligne i rejsetiden til gene for passagerer og chauffører.

4.4 TRAFIKSYSTEMETS DÆKNINGSGRAD

By- og trafikstrukturen i hovedstadsområdet bevirker, at tilgængelighed til det overordnede kollektive trafiksystem er meget høj, især i Københavns og Frederiksbergs Kommuner. Således dækker S-togsnettet, Metroen, A- og S-busnettet 69 pct. af boligerne og 73 pct. af arbejdspladserne ved en gangafstand indenfor 350 m, svarende til 4-5 min. gang for en normalt rørig person. Indenfor 600 m svarende til en gangafstand på 7-8 min. kan ca. 90 pct. af både boligerne og arbejdspladserne i centalkommunerne nås fra en s-togstation eller et stambusstoppested. Ses der alene på tilgængeligheden til tog og metro kan 15 pct. boligerne og 20 pct. af boligerne nås indenfor en gangafstand på 4-5 min. Med en oplandsgrænse på 7-8 min. er det hhv. 37 pct. og 48 pct. De højere dækningsgrader for arbejdspladser end for boliger afspejler, at firmaer og offentlige virksomheder generelt er placeret mere stationsnært end boligområder (Møller, 2008, s. 10). (HT, 2000, s. 46)

A- og S-busserne dækker indenfor en gangafstand på 4-5 min. omkring 67 pct. af boligerne og arbejdspladserne. Ved en afstand på 7-8 min. er det omkring 85 pct. Det overordnede busnet er mere fintmasket end det skinebårne trafiknet, og derfor dækker det væsentligt mere centralkommunerne. Dette er yderligere grunden til, at rejsende i bus-systemet har færre skift til tog og metro, end rejsende fra tog og/eller metro til busnettet (Movia, 2008a, s. 21). Ses der i øvrigt på de supplerende busser bliver dækningen endnu bedre. (HT, 2000, s. 44)

A-busnettet alene dækker 61 pct. af Københavns og Frederiksbergs boliger og næsten 63 pct. af arbejdspladser indenfor en gangafstand på 4-5 min, jf. figur 7. Med en oplandsgrænse på 7-8 min. er omkring 82 pct. af både boligerne og arbejdspladserne dækket i de to centralkommuner. (HT, 2000, s. 3)



Figur 7. Gangafstand til stoppested på A-busnettet.

Det kollektive trafiknet

I det efterfølgende Kapitel 5 Problembeskrivelse vil der blive fokuseret på de problemstillinger kollektiv trafik har generelt samt hvilke lokale problemer, der er i og omkring hovedstadsområdet. Heri vil udviklingen i den kollektive bustrafik blive gennemgået, for på den måde at finde frem til faktorer, hvor trafikselskabet Movia selv kan gøre en indsats for at øge antallet af kollektive trafikrejser med bus.

5 PROBLEMBESKRIVELSE

I dette kapitel vil de kommende års større trafikale udfordringer for den kollektive trafik blive gennemgået og vurderet med henblik på at finde frem til tiltag, der kan forøge den kollektive trafiks markedsandel, og navnlig få flere passagerer i tog og bus. Der fokuseres hen imod tiltag for busdriften, og hvorpå trafikselskabet Movia kan forbedre deres økonomiske resultat. Indledende gennemgås udviklingen indenfor den kollektive trafik med særligt fokus på bustrafikken samt hvilke præferencer, passagererne efterspørger, og heraf hvorfor de forsvinder.

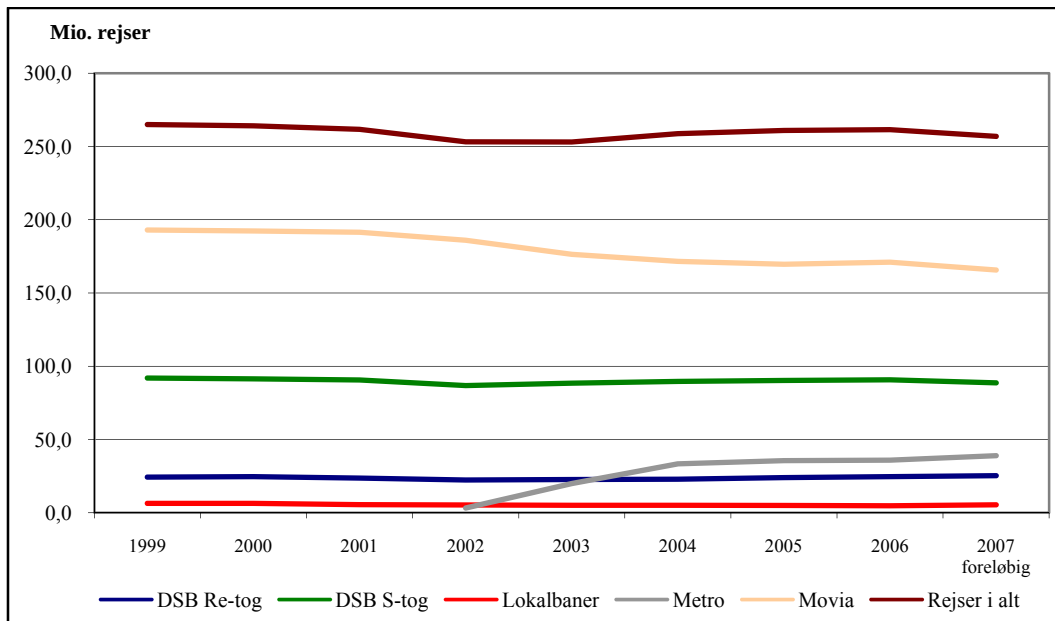
5.1 UDVIKLINGSTENDENSER I HOVEDSTADEN

Gennem de seneste 10 år er der gennemført store investeringer i den kollektive trafik i hovedstadsområdet, dels til nyanlag og dels til driftudvidelse. Det, som samlet set, må ses som forbedringer for den kollektive trafik omfatter; metrobyggeriet, udbygning af ringbanen, færdiggørelse af dobbeltspor på S-togsnettet til Frederikssund, udvidelse af driften på regionaltogene på kystbanen og lufthavnsbanen, etablering af stambusnet samt nyt togmateriel på S-togsnettet og visse lokalbaner i Nordsjælland. (Cowi, 2008a, s. 5)

På trods af disse massive investeringer har den kollektive trafik kun lige været i stand til at fastholde passagertallet, og det er tilmed sket i en periode, hvor det samlede transportarbejde er steget ganske betydeligt, jf. figur 8. Passagertallet er i perioden 2002 til 2007 steget fra 253,3 mio. til 256,9 mio. svarende til blot 1,5 pct. (Cowi, 2008a, s. 15).

Det forholdsvist uændrede passagerantal dækker over større forskydninger mellem de respektive trafiksystemer. Det er i særlig grad Københavns Metro, der i denne sammenhæng har betydning, da en del passagerer, som før benyttede bus, er overflyttet til Metroen. Movias busser har således haft en nedgang i passagertallet på 20,3 mio. fra 186 mio. til 165,7 mio. svarende til et fald på 10,9 pct. (Cowi, 2008a, s. 15). Metroen havde i 2007 39,6 mio. passagerer, der dels også dækker over nygenererede rejser, som følge af Metroens attraktionsværdi.

Regional- og S-togene har i perioden haft en passagertilvækst på hhv. 13,4 pct. og 2,1 pct., hvilket for regionaltogenes vedkommende skal ses i sammenhæng med udvidelsen af kystbanen og lufthavnsbanen (Cowi, 2008a, s. 16). På S-togsnettet skyldes den forholdsvis lave vækst primært udbygningen og færdiggørelsen af Ringbanen.



Figur 8. Rejser med kollektiv trafik internt i hovedstadsområdet (Cowi, 2008a, s. 13).

Sammenlignes brugen af kollektive trafik i hovedstadsområdet med andre storbyregioner i Europa ses, at andelen er blandt de laveste. I København benytter kun mellem 10 pct. og 15 pct. sig af kollektiv trafik, mens det f.eks. i Stockholm og Berlin er over 20 pct. Visse hovedstæder i den tidligere østblok såsom Warszawa, Budapest og Prag har en andel af kollektive trafikrejser på omkring 50 pct. Brugen af bil i hovedstadsområdet er således høj og væsentlige højere end andre hovedstæder med en andel tæt på 50 pct.

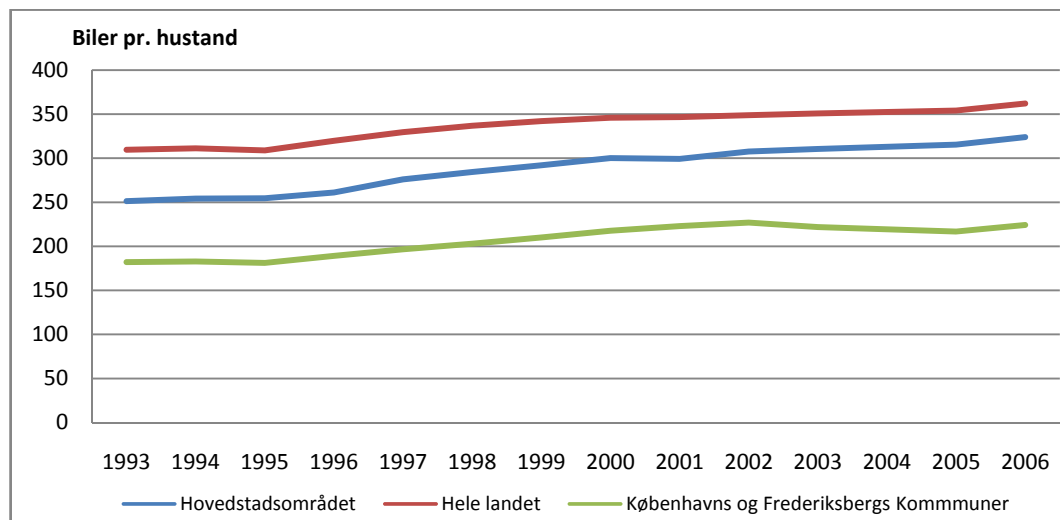
Denne lave andel af kollektive trafikrejser er noget overraskende set i lyset af lokaliseringspolitikken, men generelt skal den lave brug af kollektive trafikrejser ses i sammenhæng med en relativ høj brug af cykel. Brugen af cykel og gang i København er sammen med Amsterdam blandt de højeste i Europa, hvor cyklen dagligt bliver benyttet mellem 30 og 40 pct. (TRM, 2007, s. 37)

5.2 HVAD SKYLDES UDVIKLINGEN?

En analyse udarbejdet af Cowi for trafikaktørerne i hovedstadsområdet viser, at årsagerne til den umiddelbart negative udvikling, både skal findes blandt udefra kommende forhold og faktorer, som trafikselskaberne indbyrdes selv har indflydelse på. Dertil skal det nævnes, at årsagerne er mange, ikke mindst blandt de eksterne faktorer, hvilket indikerer hvor svært trafikselskaberne har ved at fastholde passagererne, når bl.a. den økonomiske situation i landet og regionen som helhed forbedres. Netop velstanden i samfundet, der var forbedret i perioden 2002 til 2007, og den øgede individualisme synes at have betydning for brugen af kollektiv trafik.

5.2.1 EKSTERNE FAKTORER

Det større økonomiske råderum, som den enkelte familie i Danmark har fået siden starten af årtusindeskiftet, giver bedre råd til at have holdninger som ”det er besværligt at anvende den kollektive trafik” samt ”jeg har ikke tid til at vente, og jeg befinder mig meget bedre i bilen”. Samtidig, og som naturlig årsag heraf, er bilbestanden vokset således, at der i hovedstadsområdet er sket en stigning på knap 9 pct. i antallet af biler pr. 1.000 indbyggere, jf. figur 9. Sammenlignet med landsgennemsnittet er dette ca. tre procentpoint højere, og derfor er bilrådigheden i hovedstadsområdet som helhed ved at nærme sig den gennemsnitlige bilrådighed på landsplan (Cowi, 2008a, s. 27).



Figur 9. Antal personbiler pr. 1.000 indbygger (Danmarks Statistik, 2009b).

På trods af den finansielle internationale krise er der ikke udsigt til at flere vælger den individuelle bilkørsel fra til fordel for den kollektive trafik, da konkurrenceforholdet mellem de to transportformer er ændret til fordel for bilen. Taksterne i den kollektive trafik er i perioden fra 2002 til 2007 steget med 29 pct., mens benzinprisen er steget med 20 pct.

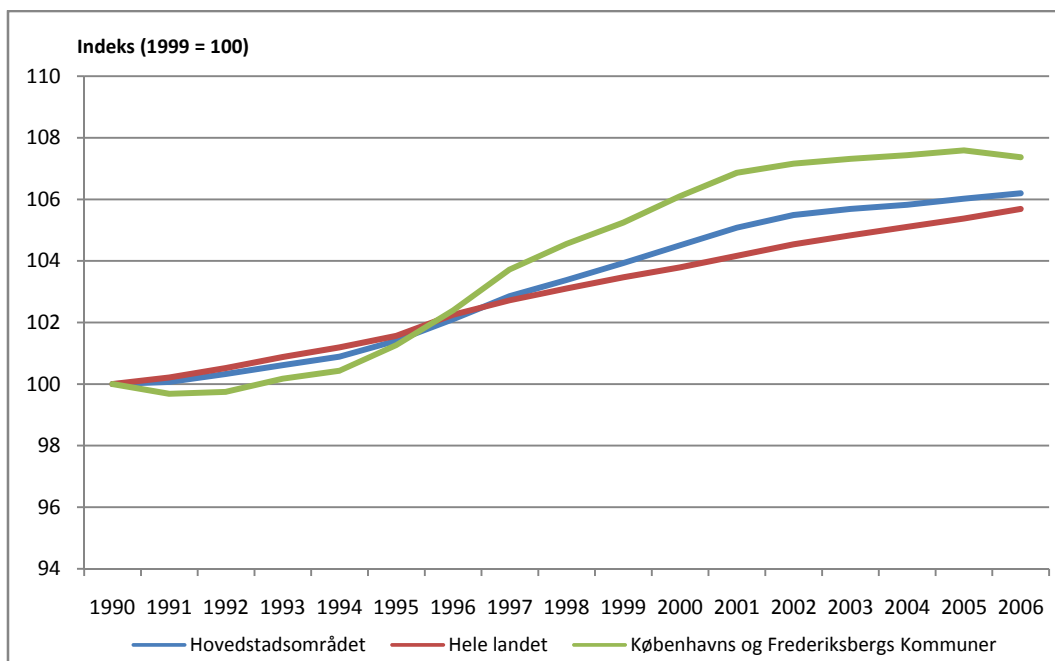
Dertil skal det bemærkes, at prisen på råolie er faldet drastisk det sidste halve år som følge af finanskrisen, hvorefter prisen på benzin og diesel er blevet væsentligt billigere. Ændringer i taksterne bliver ikke tilpasset momentant i forhold til råolieprisernes konjunkturændringer som det er tilfældet for benzin og diesel på landets tankstationer, hvorefter prisfaldet i råolie i det kortsigtede perspektiv alene er til fordel for den individuelle bilkørsel. Prisen på benzin toppede den 15. juli 2008 med 12,24 kr. for en liter, hvorefter den faldt i løbet af sidste halvår af 2008 med 40 pct. til den i dag (6. marts) ligger på 9,53 kr. (EOO, 2009).

Udover de økonomiske forhold er der sket en ændring af visse demografiske og lokaliseringsmæssige variabler, der har haft væsentlig betydning for udviklingen i den kollektive

Problembeskrivelse

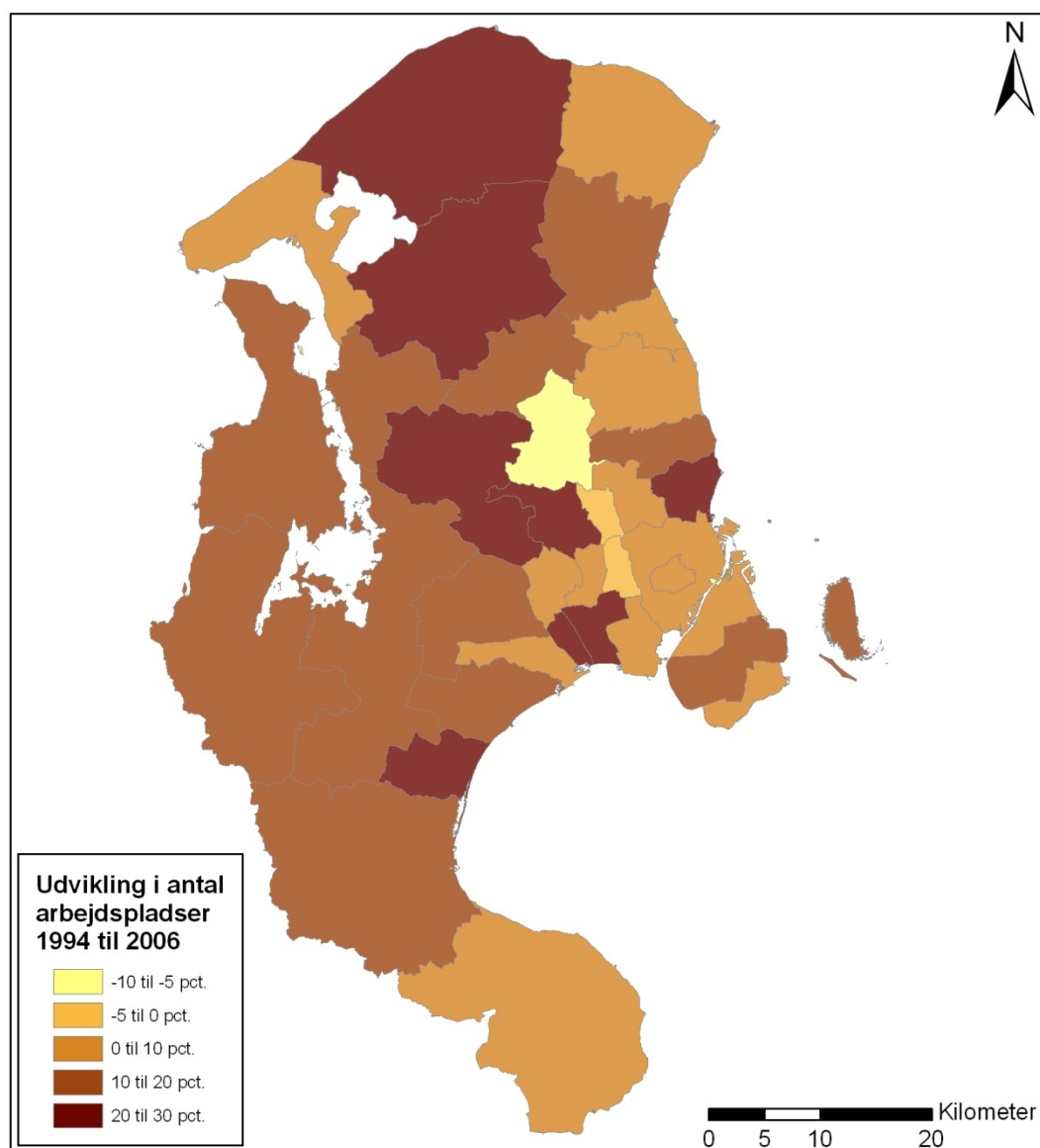
trafik. Nogle af de væsentligste faktorer er; ændret alderssammensætning af befolkningen, ændret lokalisering af arbejdspladser og boliger samt ændring i pendlingsmønstret (blst, 2007b). Siden starten 1990'erne er befolkningstallet i hovedstadsområdet og de centrale kommuner vokset mere end landsgennemsnittet. Stigningen i befolkningstallet har været størst i Københavns og Frederiksberg Kommuner, hvor væksten siden 1990 har været på syv pct. jf. figur 10.

Den øgede efterspørgsel på kollektiv trafik, der kunne forventes i kraft af vækst i befolkningen, opvejes i en vis grad af den ændrede aldersfordeling (Cowi, 2008a, s. 18). Siden starten af 1990'erne er aldersgruppen, der traditionelt benytter bus, tog og metro blevet mindre. Således er der færre i aldersgruppen 15-25 år, 25-29 år samt ældre over 70 år. Samtidig er aldersgruppen med lav grad af anvendelse, hhv. i alderen 5-14 år, 40-59 år og 60-69 blevet større.



Figur 10. Befolkningsudviklingen (Danmarks Statistik, 2009a).

De seneste analyser fra By- og Landskabsstyrelsen viser, at der er sket en større spredning af arbejds- og boliglokalisering i hovedstadsområdet. Fra 1994 til 2006 har der været større vækst i arbejdspladser og bosatte i områder, der er dårligt betjent med kollektiv trafik. Der er således større koncentrationer af arbejdspladser hen imod områder, der ikke er betjent stationsnært end områder, der er betjent stationsnært, jf. figur 11. Yderligere er væksten af bosatte med fast arbejde (arbejdstagere) størst i områderne udenfor fingerbyen, og i de indre dele af fingerbyen, hvor det kollektive trafikudbud er bedst, er der sket et fald i antallet af arbejdstagere. (blst, 2007b, s. 77)



Figur 11. Arbejdslokalisering i hovedstadsområdet (blst, 2007b, s. 85).

Lokaliseringen af især arbejdspladserne i hovedstadsområdet understøtter dermed ikke i tilstrækkelig grad brugen af kollektive trafik. Blot 40 pct. af arbejdspladserne lå i 2006 indenfor linieafstand på 600 m fra en eksisterende station på S-tog-, regionalto-, metro- nettet inkl. den kommende metrocityring. 20 pct. lå yderligere mellem 600 m og 1.000 m fra en station, mens de sidste 40 pct. lå længere end 1 km fra den nærmeste station. En decideret sammenhæng mellem arbejdslokalisering og betjening med skinnearbejdspladser skal findes i centralkommunerne. Således er 75 pct. arbejdspladserne i centralkommunerne indenfor 600 m fra en station, mens det i byfingrene kun er omkring 25 pct. På trods af intentionerne fra Regionplan 1989 om lokaliseringspolitikken, har der i perioden 1994 til 2006 ikke været en forskydning af arbejdspladser hen imod områder, der er betjent stationsnært (blst, 2007b, s. 78).

Problembeskrivelse

Endelig synes et ændret pendlingsmønster at have betydning for udviklingen indenfor kollektiv trafik. By- og landskabsstyrelsen analyser af pendlingsstrømmene viser, at pendlingsafstandene i perioden 1994 til 2006 er øget. Flere pendler i dag ind fra områder udenfor hovedstadsområdet og indpendlingen sker hovedsageligt fra ikke stationsnære områder (blast, 2007, s. 141). Pendlingen på tværs af fingerstrukturen er ligeledes steget kraftigt, hvilket er problematisk, da fingerstrukturen tager udgangspunkt i en radial trafik infrastruktur, hvor det kollektiv trafikudbud på tværs af disse er dårligt. Pendlingen er derfor øget over afstande og rejserelationer, hvor den kollektive trafik konkurrencemæssigt i forhold til bilen står svagt (blast, 2007, s. 143).

En anden væsentlig faktor, der har betydning for brugen af kollektiv trafik, er anvendelsen af cykel i Københavns og Frederiksbergs Kommuner. Som tidligere nævnt er brugen af cykel blandt de højeste i Europa, så udviklingen i den kollektive trafik skal ses i lyset af denne. Siden 1995 er cykeltransportarbejdet i Københavns Kommune steget kraftigt med ca. 30 pct. (Cowi, 2008a, s. 26). Cyklen bruges i stigende omfang til bolig-arbejdsstedsrejser i de centrale bydele, hvor den er et hurtigt og fleksibelt transportmiddel over relativt korte afstande. Det er netop i disse områder, at cyklen står som et stærkt konkurrencedygtigt alternativ til den kollektive trafik. Yderligere bruges cyklen i højere grad i tilknytning til rejser med S-tog. S-togene har oplevet en stigning i antallet af medtagende cykler på hverdage på ca. 60 pct. i perioden fra 2002 til 2006. Det skal dog nævnes, at den store stigning også skal ses i sammenhæng med, at reglerne for medtagning af cykler er lempet (Cowi, 2008a, s. 26).

5.2.2 INTERNE FAKTORER

Der er flere interne forhold, der har haft betydning for passagertallet og dens udvikling i den kollektive trafik. Forholdene berører alle trafiksystemer, men det er i særlig grad busdriften, der er påvirket, hvoraf det også er her, at de fleste passagerer er forsvundet. Som tidligere nævnt, under de eksterne faktorer, er taksterne i den kollektive trafik steget med 29 pct. i perioden fra 2002 til 2007. I takt med dyrere billetter til tog, metro og bus er konkurrenceforholdet til bilen blevet svækket markant. De større ændringer i taksterne skal ses i sammenhæng med fjernelse af statens tilskud til takstnedsættelser i 2004. Afskaffelsen har haft den naturlige effekt, at trafikselskaberne har måttet hæve taksterne, hvilket har medført passagerfrafald (Jensen, 2007, s. 28).

Busdriften blev reduceret med syv pct. i årene efter etableringen af den københavnske metro. Reduktionen i driften skete i forbindelse med omlægningen af bustrafikken i de centrale københavnske kommuner og blev foretaget jævnt i hele hovedstadsområdet ud fra en strategi om at skære i det udbud, der var dårligst benyttet. Reduktionen var dog størst i landområderne og mellem byfingrene.

Inden for centralkommunerne blev kræfterne primært lagt på de seks A-buslinier, og alle øvrige linier blev tilpasset i forhold til disse, jf. Kapitel 4 Det kollektive trafiknet. På trods af nedskæringen i busdriften, som var nødvendig i takt med udbygningen af metroen, blev det nye busnet samlet set som en forbedring (HT, 2000, s. 3). Alligevel har analyser af passagerudviklingen på forskellige linietyper vist, at reduktionen i områder udenfor metroens betjeningsområde har påvirket passagererne negativt, da driftshyppigheden i disse områder i forvejen var lav (Cowi, 2008a, s. 6).

En yderligere faktor, der har haft betydning for udviklingen i den kollektive trafik, er dårligere sammenhæng mellem tog og bus som følge af driftsreduktionen i de områder, metroen ikke betjener. Dette er et problem, da trafiksystemerne i hovedstadsområdet er stærkt integreret, hvor busser og lokalbaner fungerer som tilbringerlinier til regional- og S-tog samt metro. Passagererne ser det kollektive trafikudbud som et samlet system og således er antallet af rejser med omstigninger stort, med 22 pct. af alle rejser i 2007 (Cowi, 2008a, s. 34). Hertil kommer omstigninger internt i det enkelte trafiksystem. Én af årsagerne til, at den kollektive trafik vælges fra i de nordsjællandske kommuner, skyldes usikkerheden omkring omstigningsrelationernes pålidelighed mellem lokalbanerne og regional- samt S-togsnettet. Forringet korrespondance som følge af nedsat frekvens på busnettet og forsinkelser på banenettet er én af årsagerne til nedgangen i antallet af omstigninger mellem bus og regional- samt S-togsnettet.

Sporarbejde og dårlig rettidighed og pålidelighed synes netop at have påvirkning på udviklingen i passagertallet i den kollektive trafik. Betydningen for passagererne af den dårlige rettidighed og pålidelighed viser sig i kvalitetsmålingerne, hvor specielt regional- og S-togene er givet lave karakterer vedr. forsinkelser og overholdelse af køreplanen (Cowi, 2008a, s. 34).

Effekten af driftsproblemer på den skinnebårne trafik påvirker imidlertid også busdriften. Ikke mindst tilbringerbuslinier, som i særlig grad er følsomme overfor S-togenes regularitet (HUR, 2005, s. 16). Når en bus afgår planmæssigt fra en station f.eks. fire min. efter togets ankomst, er der tale om en planlagt korrespondance, men hvis toget er syv til otte min. forsinket, når skiftende passagerer ikke bussen og må vente på næste bus eksempelvis 20 min. senere. Opstår den situation tilstrækkelig konsekvent, vælger mange bussen fra til fordel for cykel eller bil.

Via kvalitetsmålingerne bemærkes det endvidere, at dårlig og manglende information omkring driftsuregelmæssigheder er medvirkende til at reducere tilliden til produktet og herved anvendelse af den kollektive trafik (Cowi, 2008a, s. 42). Høje belægningsgrader i forbindelse med driftsuregelmæssigheder giver yderligere passagererne en oplevelse af dårlig service, specielt på de længere regional- og S-togsrejser.

Problembeskrivelse

Kvalitetsmålingerne viser også lav tilfredshed med selve oplevelsen af stationerne på banenettet, både mht. rengøring og vedligeholdelsen af udstyret på stationerne. Et dårligt indtryk af venteområdet giver generelt en negativ påvirkning af det samlede kollektive trafiksystem. Samtidig er stationerne togtrafikkens ansigt udadtil, og det er således vigtigt at disse kan indbyde til ophold ved ventetid, da ventetiden opfattes tre gange så lang som køretiden, og derfor vil passagerens samlede rejsetid føles mindre (Jensen, 2007, s. 154).

5.2.3 POLITISKE OG HOLDNINGSMÆSSIGE ÆNDRINGER

Efter en lang årrække at have haft en forholdsvis lav prioritet, er det globale miljø og klimaforandringerne de sidste par år blevet det helt store tema i medierne samt blandt befolkningen og politikere. Opmærksomheden er herhjemme intensiveret, da København skal være vært for FN's klimakonference i december måned 2009, og hvor det forventes, at afløseren for Kyoto-aftalen skal underskrives. Miljøet er altså kommet i fokus på den politiske agenda, hvilket taler for forandringer og forbedringer, der kan øge den kollektive trafiks markedsandel.

I forbindelse med drøftelserne af velfærden i Danmark, og om hvordan denne kunne sikres, nedsatte regeringen i sidste regeringsperiode Infrastrukturkommissionen. Infrastrukturen i Danmark er en afgørende faktor for flere elementer, heriblandt velfærden. Yderligere afhænger borgernes, arbejdskræftens og erhvervlivets muligheder af moderne og velfungerende transportmuligheder. Infrastrukturkommissionens opgaver var at analysere og vurdere udfordringer og udviklingsmuligheder for infrastrukturen og de statslige infrastrukturinvesteringer frem til 2030 i lyset af langsigtede forventninger til transportbehov og transportmønstre (InstKom, 2007a, s. 11). Et centralt element i kommissionen arbejde var, at miljøet skulle tænkes ind i de fremtidige udviklingsplaner. Infrastrukturkommissionens formand Birgit Aagaard-Svendsen udtaler i en pressemeddelelse december 2007:

"Klima- og miljødiskussionen har derfor en vigtig plads i kommissionens arbejde. Vi har udpeget klima- og miljøindsatsen som et af vores hovedindsatsområder og mange af de anbefalinger vi drøfter, handler præcis om initiativer, der vil styrke miljøindsatsen, styrke den kollektive trafik og dermed vil være vigtige elementer i indsatsen for et bedre klima." (InstKom, 2007b)

Den kollektive trafik har som nævnt ovenfor en central rolle, og derfor er en af visionerne fra kommissionen, at den kollektive trafik i hele landet er et attraktivt alternativ til biltrafikken (InstKom, 2007a, s. 274). I forhold til hovedstadsområdet har kommissionen et konkret forslag til, hvordan den kollektive trafik styrkes; det kollektive trafiksystem skal være pålideligt og frekvent og på den måde sikre kundepotentialet (InstKom, 2007a, s. 280).

Det nye trafikforlig, som blev vedtaget den 29. januar 2009, viderefører nogle af anbefalinger fra infrastrukturkommissionen om at øge den kollektive trafiks attraktionsværdi. Den store trafikaftale omfatter en bred forligskreds bestående af regeringen, Socialdemokraterne, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Det Radikale Venstre og Liberal Alliance. Frem mod 2020 skal 94 mia. kroner investeret i veje, cykelstier og ikke mindst kollektiv trafik, hvortil godt to-tredjedel af midlerne skal bruges. Trafikminister Lars Barfoed udtaler:

”Vi gør den kollektive trafik langt mere attraktiv med massive investeringer i større kapacitet, bedre regularitet og helt nye jernbaner... Sammen med den igangværende genopretning af skinnenettet vil det give et markant løft til jernbanen og få flere rejsende til at tage toget frem for bilen.” (TRM, 2008)

Netop investeringerne i banenettet synes at fylde meget i det samlede forlig, hvilket har fået flere til at kritisere trafikaftalen. Ifølge flere forventes trafikaftalen ikke at bringe flere passagerer i den kollektive trafik. Problemet er, at trafikaftalen på trods af massive investeringer i den kollektive trafik, ikke tilgodeser busdriften. Således mener trafikforsker Per Homann Jespersen fra Roskilde Universitetscenter, at den kollektive trafik samlet set kan miste endnu flere passagerer, da busserne transporterer langt de fleste passagerer, og da yderligere passagerflugt kan betyde yderligere nedskæringer i busdriften og herved på sigt svække bussernes markedsandel yderligere (DR, 2008). I hovedstadsområdet transporterer Movias busser flere rejsende end DSB, DSB S-tog og Metroselskabet I/S tilsammen (Johansen, 2008, s. 1). Movia har altså en central rolle i det samlede kollektive tilbud og endelig er bussernes betydning endnu stigende, indtil baner, metro og motorveje er udbygget, da det kun er her, der kan skaffes ekstra kapacitet i infrastrukturen de næste 10 år (Movia, 2008a, s. 9).

I dag er der dog intet, der tyder på, at busserne i hovedstadsområdet kan vende den negative udvikling med faldende passagertal og svækket driftsøkonomi i trafikkselskabet Movia. Den individuelle bilkørsel vil fortsætte med at stige, og dermed vil trængslen på de danske veje blive større i de kommende år til ulempe for bussernes fremkommelighed. Sådan mener ni ud af 10 trafikforskere fra hhv. Danmarks Tekniske Universitet, Aalborg Universitet og Danmarks Miljøundersøgelse (Information, 2009). Ifølge disse kan den individuelle bilkørsel kun nedbringes ved at gøre det langt dyrere at køre på vejnettet. Ifølge Harry Lahrmann fra Aalborg Universitet hjælper det ikke at gøre det dyrere at køre i bil, når det samtidig bliver billigere at købe en bil. Han udtaler:

”Vi ved, at når folk først har købt sig en bil, så kører de i den, lige meget hvor stor afgiften er... Man bør i højere grad målrette registreringsafgiften, så det bliver billigere at købe miljørigtige biler og endnu dyrere at køre på vejene.” (Information, 2009)

Problembeskrivelse

Jens Rørbeck fra Danmarks Tekniske Universitet er enig i dette. Han mener tilsvarende ikke, at forliget vil mindske biltrafikken og øge den kollektive trafiks markedsandel. Han udtaler:

”Der er ikke noget i den plan, der giver færre biler på vejene. Hvis det var målet, skulle man bruge meget mere pisk og lade være med at sætte afgiften på nye biler ned.” (Information, 2009)

Det helt store problem for busserne er netop bilerne, som sænker busserne gennemsnitshastigheder med det til følge, at rejsetiden bliver længere. Ifølge trafikforskerne vil trængslen forværres i de kommende år. Infrastrukturkommissionen forventer at biltrafikken vil vokse med mellem 2,1-2,6 pct. årligt.

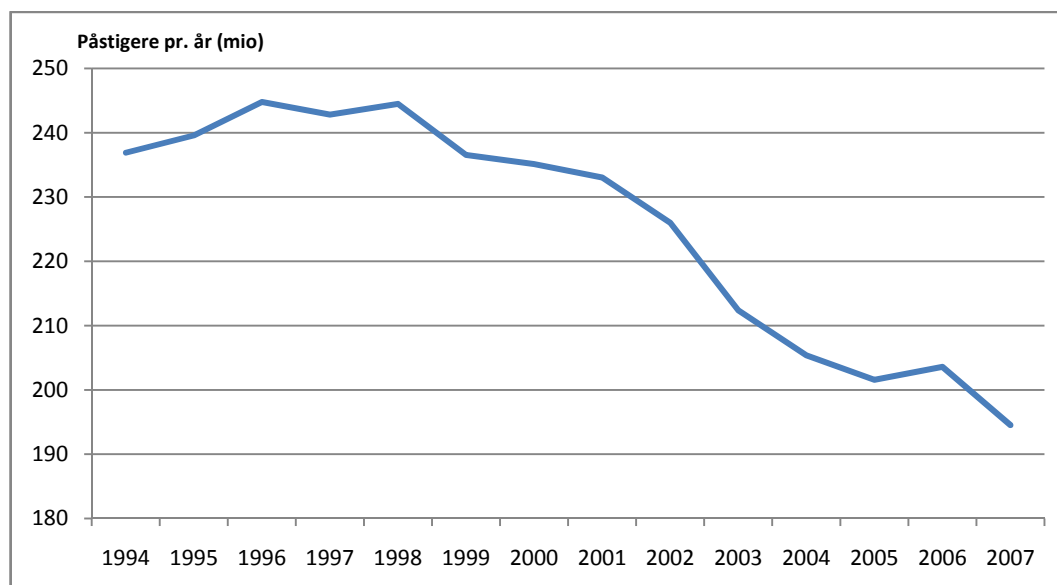
Movia vil især rammes hårdt af den stigende trængsel i centralkommunerne og de større byområder. Når bussernes fremkommelighed reduceres, startes en negativ spiral, hvor produktet bliver dårligere og dyrere, og når trængslen stiger, bliver rejsetiden længere, pålideligheden ringere, serviceniveauet falder, kunderne forsvinder, indtægterne falder og driftsudgifterne øges (Movia, 2008a, s. 13).

Fra 1991 til i dag, er bussernes gennemsnitshastighed faldet med 15-20 pct. svarende til øgede driftsudgifter på mere end 100 mio. kr. årligt (Movia, 2008a, s. 13). I det efterfølgende afsnit vil der ses nærmere på udviklingen indenfor busdriften i hovedstadsområdet, og hvilken påvirkning denne har haft på passagerantal, vogntimer og produktivitet.

5.3 BUSSERNES UDVIKLING

De negative udviklingstendenser i den samlede kollektive trafik i hovedstadsområdet berører primært busdriften, hvor passagertallet i perioden fra 2002 til 2007 er faldet med over 10 pct. jf. Afsnit 5.1 Udviklingstendenser i hovedstaden. Anskues en længere periode bemærkes det, at passagertallet efter en betydelig vækst i perioden fra 1994 til 1996, samlet set er faldet med ca. 19 pct. siden 1994, jf. figur 12.

Stigningen i passagerer fra 1994 til 1996 skyldes primært indførelsen af S-busnettet og faldet fra 2002 og frem skyldes reduktion af vogntimer som følge af åbningen af den københavnske metro. Yderligere har taksstigninger fra 2004 haft stor indflydelse på passagerudviklingen (HUR, 2005, s. 6).



Figur 12. Udvikling i Årpassagertal fra 1994-2007, jf. bilags-cd'en.

Ses der mere specifikt på produktgrupperne fra perioden efter 2002 hvor A-busnettet blev indført, ses nogle store forskydninger mellem 2002 og 2004, jf. tabel 2. Samlet har der været en nedgang i passagertallet på ni pct., men visse linier er reduceret kraftigt, hvoraf passagererne er frafaldet. Dette er i særlig grad tilfældet med de ordinære bybuslinier i city og brokvarterne, men også S-buslinierne har været mærket efter omlægningen af busdriften. Derimod og som naturligt udfald, har A-busserne opnået en kraftig passagerfremgang. Siden havnebusserne blev indført i 2000, har disse oplevet en markant stigning i passagertallet, ikke mindst efter 2005, hvor Operaen blev indviet (HUR, 2005, s. 9). Interessen for havnebusserne skal imidlertid også ses i lyset af, at mange turister benytter ruterne i Københavns Havn.

Produktgruppe	2002	2003	2004	2007
Ordinære linier - City og brokvarterer	89.387.043	50.362.432	29.343.011	27.364.571
Ordinære linier - håndfladen	27.150.030	29.659.204	29.349.237	23.206.120
Ordinære linier - langs med byfingrene	16.307.629	15.853.540	15.179.583	14.139.903
Ordinære linier - på tværs af byfingrene	10.378.619	10.061.350	9.688.274	9.370.393
Ordinære linier - bybusser i købstæderne	9.162.127	9.022.397	8.960.266	8.046.278
Ordinære linier - uden for fingerbyen	8.191.468	8.082.029	7.780.772	6.677.653
S-buslinier	50.931.888	41.599.759	33.162.012	32.960.899
Natbuslinier	1.687.991	1.557.768	1.383.408	1.480.895
Tele- og servicebuslinier	881.657	987.137	987.356	931.114
Havnebuslinier	285.815	349.033	409.401	478.565
E-buslinier	4.083.317	3.482.173	3.174.113	2.089.843
P-buslinier	1.867.825	1.740.180	1.623.644	1.555.883
A-buslinier	5.683.255	39.611.473	64.331.320	66.232.465
Samlet	225.998.663	212.368.476	205.372.398	194.534.581

Tabel 2. Passagerudvikling pr. produktgruppe fra 2002 til 2004 og 2007, jf. bilags-cd'en.

Problembeskrivelse

Omlægningen af busdriften bevirker også til store forskydninger i A-busnettet, jf. tabel 3. Årene frem til 2004 må i denne sammenhæng ses som en tilvænningsperiode, hvor passagererne bliver fortrolige med det nye bussystem. Iagttages A-busserne fra 2004 og frem bemærkes en forholdsvis stabil periode, men samlet er der en passagerfremgang på næsten to mio. Den linie, der transporterer de fleste passagerer, er linie 5A. Liniene 1A, 2A, 4A og 6A transporterer hver ca. omkring 10-11 mio. passagerer, mens 3A er den linie, hvor der er færrest passagerer, jf. tabel 3. Siden 2004 har linie 1A og 6A haft den største passagerfremgang på hhv. 13 og 11 pct. Linie 3A og 5A har begge haft frafald.

A-buslinie	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Linie 1A		4.401.955	8.491.504	8.641.853	9.493.179	9.601.852
Linie 2A	2.417.666	11.233.822	11.337.000	10.914.945	11.489.320	11.457.920
Linie 3A		257.096	5.793.970	5.801.383	5.587.123	5.419.043
Linie 4A		474.898	10.453.108	10.732.884	11.676.778	11.091.123
Linie 5A	3.265.588	18.078.411	18.711.049	18.240.854	18.938.874	18.090.205
Linie 6A		5.165.292	9.544.689	10.229.956	10.918.393	10.572.323
Samlet	5.683.255	39.611.473	64.331.320	64.561.874	68.103.666	66.232.465

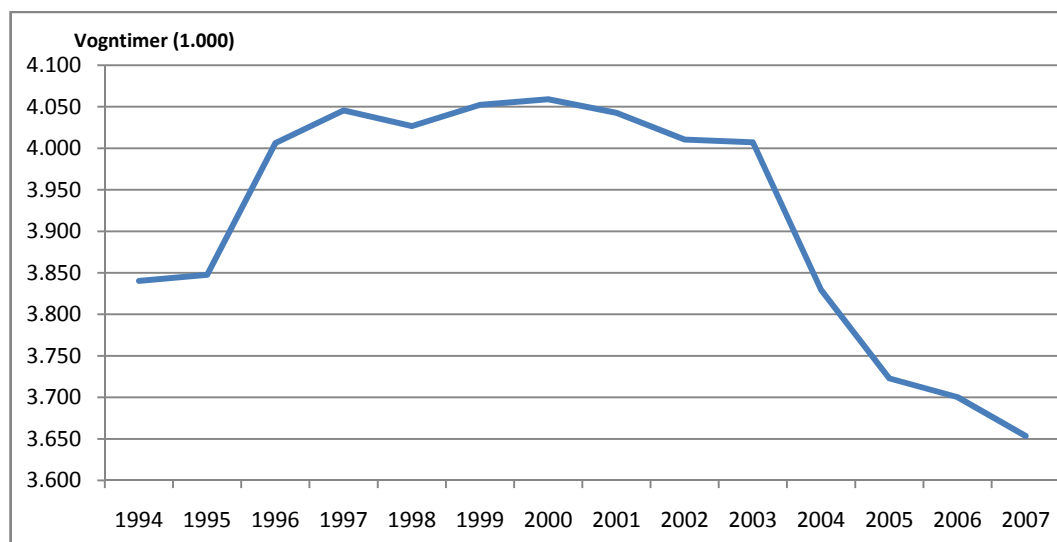
Tabel 3. Passagerudvikling på A-buslinierne fra 2002 til 2007, jf. bilags-cd'en.

5.3.1 VOGNTIMER OG PRODUKTIVITET

Udsvingene i passagertallene kan ikke ses alene, men skal sammenlignes med antallet af præstationer pr. år. Præstationer er her opgjort i antal vogntimer pr. år, og disse har haft nogle væsentlige udsving i perioden fra 1994 til 2007. Op gennem 1990'erne øgede det tidligere trafikselskab HT udbuddet af vogntimer i takt med introduktionen af S-busnettet. Stigningen var især kraftig i perioden fra 1995 til 1997, hvorefter vogntimerne lå nogenlunde stabilt i en 6 årig periode, jf. figur 13.

I forbindelse med åbningen af den københavnske metro vedtog HUR en plan for tilpasning af kørslen, som bl.a. indebar vogntimereduktion i perioden fra 2001 til 2004. I slutningen af 2003 foretog HUR yderligere reduktioner for at genoprette balancen mellem udbudt kørsel og kundebehov. (HUR, 2005, s. 14)

Reduktionen i slutningen af 2003 har været meget kraftig, hvilket figur 13 indikerer. Der er i alt skåret 353.800 vogntimer, svarende til reduktion på ni pct. i perioden fra 2003 til 2007. Således er 3,654 mio. vogntimer det laveste præstationstal i den 14 årige historik.



Figur 13. Vogntimer pr. år (1.000) fra 1994 til 2007, jf. bilags-cd'en.

Produktiviteten har sideløbende med passagertallene og vogntimerne varieret i årene fra 1994 til 2007. Produktiviteten, beskrevet ved antal påstigere pr. vogntime, er samlet faldet fra 56 til 53 i perioden 2002 til 2007, jf. tabel 4. Største negative udsving findes for de ordinære linier i City og brokvartererne samt håndfladen og for E-busserne. A-busserne og havnebusserne er de eneste produktgrupper, der er gået markant frem. Sidestilles produktgrupperne med hinanden fremgår det af tabel 4, at den største produktivitet findes hos A-busserne, herefter S- og P-busserne dog med omkring 30 point færre. Dette er imidlertid ikke et udtryk for rentabiliteten, da selvfinansierungsgraden er størst hos natbusserne, S- og A-busserne (HUR, 2005, s. 18).

Produktgruppe	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ordinære linier - City og brokvarterer	79	68	57	59	60	55
Ordinære linier - håndfladen	46	44	46	44	42	40
Ordinære linier - langs med byfingrene	46	45	45	46	45	44
Ordinære linier - på tværs af byfingrene	33	32	33	34	33	32
Ordinære linier - bybusser i købstæderne	54	54	56	54	53	52
Ordinære linier - uden for fingerbyen	27	27	28	27	26	24
S-buslinier	64	61	58	60	61	60
Natbuslinier	28	26	24	24	27	28
Tele- og servicebuslinier	12	12	10	8	9	10
Havnebuslinier	33	42	49	89	73	44
E-buslinier	39	37	35	34	33	29
P-buslinier	58	60	59	64	59	60
A-buslinier	87	80	85	87	93	92
Samlet	56	53	54	54	55	53

Tabel 4. Udvikling i produktivitet fra 2002 til 2007, jf. bilags-cd'en.

Problembeskrivelse

Produktiviteten, som påvirkes direkte af udbuddet i antal vogntimer og ændringer i efterspørgslen, er siden 1993 faldet med 15 pct. (HUR, 2005, s. 15). Centralkommunernes øgede interesse for servicekørsel i hovedstadsområdet kan i høj grad forklare denne udvikling (Movia, 2008b, s. 14). Kommunernes øgede efterspørgsel på servicebuskørsel, som næsten har 10 gange lavere produktivitet end A-busserne, vil alt andet end lige medføre lavere produktivitet i Movias samlede aktiviteter.

Ses der nærmere på A-buslinierne, bemærkes det, at størst produktivitet findes hos linie 5A, hvor passagertallet netop er størst, jf. tabel 5. De resterende fem linier har omtrent samme produktivitet.

Produktivitet	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Linie 1A		61	73	77	83	86
Linie 2A	78	71	75	76	84	87
Linie 3A		83	90	88	87	85
Linie 4A		79	79	81	89	85
Linie 5A	94	104	112	113	116	112
Linie 6A		60	73	81	90	88
Samlet	87	80	85	87	93	92

Tabel 5. Produktivitet på A-buslinierne fra 2002 til 2007, jf. bilags-cd'en.

Generelt er en faldende produktivitet ikke nødvendigvis et problem for at tiltrække flere passagerer i busserne, men hvis udbuddet i antal vogntimer ikke stiger, fremover vil en ændring i kørslen i retning af f.eks. mere servicebuskørsel på bekostning af mere produktive udbud, gøre det vanskeligt at forene Movias ønsker om at få flere passagerer i busserne med kommunernes faktiske efterspørgsel.

Udover en passagermæssig konsekvens kan en faldende produktivitet også tages som udtryk for en reduceret evne til at opnå stordriftsfordele i produktionen. I det omfang, der skal en stadig større ressourceanvendelse til at opnå samme eller mindre passagermæssig resultat, øges omkostningen ved at håndtere den enkelte passager i forhold til en situation, hvor produktiviteten stiger.

I Afsnit 5.2 Hvad skyldes udviklingen? fremgik det, at passagerer viste lav tilfredshed med rettiligheden og pålideligheden på banenettet. Yderligere viste kvalitetsmålingerne, foretaget på stationerne på banenettet i hovedstadsområdet, at kunderne vurderede rengøring og vedligehold for dårlig. I det efterfølgende afsnit vil kundernes vurdering af kvaliteten på busdriften blive gennemgået.

5.3.2 KUNDERNES HAR FOKUS PÅ PÅLIDELIGHED OG REJSETID

Movia har i efteråret 2007 gennemgået en kundepræferenceanalyse, der kortlægger passagerernes behov i forbindelse med anvendelse af transport, jf. tabel 6. Det fremgår af denne analyse, at Movia kun opfylder en lille del af kundernes behov, idet den faktor, der er prioriteret højest, er vurderet utilfredsstillende. Andre væsentlige faktorer er dygtige chauffører, direkte forbindelse, sikker af- og påstigning og rimelig rejsetid. Af disse vurderer kunderne tilfredshed med direkte forbindelse samt sikker af- og påstigning hvorimod, at rejsetiden vurderes utilfredsstillende, jf. tabel 6.

<i>Rangering efter vigtighed</i>	<i>Behov</i>	<i>Vurdering</i>
1	Pålidelige og punktlige	Utilfreds
2	Dygtige chauffører	Både/og
3	Direkte forbindelse	Tilfreds
4	Sikker af- og påstigning	Tilfreds
5	Rimelig rejsetid	Utilfreds
6	Ubegrænset billet- og kort	Tilfreds
7	Personlig sikkerhed	Tilfreds
8	Pæne og ordentlige	Både/og
9	Kører planmæssigt uanset vejret	Utilfreds
10	Kompetente medarbejdere	Tilfreds
11	Vejledning om rejse og pris	Tilfreds

Tabel 6. Kundepræferenceanalyse 2007, (Movia, 2008a, s. 18).

Kunderne er godt tilfredse med det fælles takst- og billetsystem i Movias område, og de oplever generelt et højt trafikinformationsniveau, især på A-busserne. Yderligere opleves bussen som et sikkert transportmiddel, hvor tilstedeværelsen af chaufføren bidrager til, at passagererne følger sig tryk.

Pålideligheden er altså den helt store udfordring for Movia. Det er meget vigtigt, at Movia netop forbedrer sig på de punkter, der betyder meget for kunderne, da det vil have en afsmittede effekt på de øvrige områder (Movia, 2008a, s. 18). Lever eksempelvis pålideligheden ikke op til passagerernes forventninger, smitter det af på bl.a. oplevelsen af den samlede rejsetid.

UNDERSØGELSER FRA IND- OG UDLAND

Resultaterne fra kundepræferenceanalysen stemmer godt overens med såvel nationale som internationale undersøgelser. Det, der påvirker efterspørgslen af kollektiv trafik i Danmark mest, er følgende (Jensen, 2007, s. 31):

- Rejsetidsforholdet mellem kollektiv transport, bil og cykel
- Frekvensen i den kollektive trafik

Problembeskrivelse

- Taksterne i forhold til prisen for at benytte bil
- Direkte transportmuligheder (omstigning opfattes som en væsentlig gene)
- Komforten under rejsen med kollektiv trafik

Internationalt blev der i 2005 gennemført en række analyser af hvilke faktorer, der har størst indflydelse for efterspørgslen, og af disse fremgår det, at pålidelighed, frekvens og pris er vigtige for determinering for valg af kollektiv trafik. (Jensen, 2007, s. 32)

5.4 PROBLEMFORMULERING

Det fremgår af dette kapitel, at den kollektive trafik i hovedstadsområdet, på trods af store investeringer, har haft svært ved at fastholde passagererne i en længere årrække. En øget brug af kollektiv trafik, som følge af generelt øget transportarbejde forekommer ikke og samlet set har toget, metroen og bussen kun haft en passagerfremgang på 1,5 pct. Som det fremgår af kapitlet er årsagerne mange bl.a. i de forhold, hvor trafiksselskaberne ikke har indflydelse på passagertallet.

Den økonomiske udvikling landet har befundet sig i siden årtusindeskiftet og frem til efteråret 2008 har bevirket, at flere fik råd til bil nr. 2. Bilbestanden er således vokset med ni pct. siden 1990'erne, hvilket yderligere har resulteret i øget trængsel til ulempe for busdriften. Movia er direkte ramt af dette, og siden 1991 er bussernes hastighed i København faldet med 15-20 pct., hvilket svarer til øgede driftsudgifter på mere end 100 mio. kr. årligt og det for et langsommere produkt.

Derudover er der sket en ændring i visse demografiske og lokalisingsmæssige faktorer, der har haft væsentlig betydning for den negative udvikling i den kollektive trafik. Der er sket et fald i de aldersgrupper, som typisk benytter kollektive tog, metro og bus. Endelig ses en større spredning af arbejds- og boliglokalisering i hovedstadsområdet, hvor der siden 1994 har været større vækst i arbejdspladser og boliger, der er dårligt betjent med kollektiv trafik. Endvidere er pendlingsafstandene siden 1994 blevet større, hvilket medvirker til et ændret pendlingsmønster. Stigningen i brug af cykel mellem arbejde og hjem vurderes også til at påvirke brugen af den samlede kollektive trafik.

Det tyder dog også på, at flere interne forhold, som trafiksselskaberne selv har indflydelse på, har været medvirkende til den negative udvikling. Generelt har passagerer oplevet en forringende korrespondance mellem tog, bus og metro og de mange timers sporarbejde på banenettet har resulteret i dårlig regularitet og retlighed, ikke alene på S-togsnettet men også på busnettet som følge af, at flere busruter er tilbringerlinier til banenettet. Passagererne vurderer, at pålideligheden er blevet ringere, og yderligere viser kvalitetsmålinger lav tilfredshed med selve oplevelsen af stationerne på banenettet.

Endelig har takststigningen på 29 pct. i perioden fra 2002 til 2007 betydet, at konkurrenceforholdet mellem kollektiv trafik og den individuelle bilkørsel er ændret til fordel for bilen og på trods af, der udadtil er politisk velvilje til at ændre dette billede, argumenterer flere trafikforskere for at det nye trafikforlig, der blev indgået i februar, ikke bringer flere passagerer i den kollektive trafik, navnlig ikke busserne. Der skal økonomiske restriktioner overfor privatbilismen før flere vælger den kollektive trafik til fordel for bilen.

Som det fremgår af kapitlet kan den negative udvikling i den samlede kollektive trafik henføres til busdriften. Det er her udviklingstendenserne er værst, og dette påvirker hele systemet, da busserne har flere passagerer end regional- og S-tog samt metro tilsammen. Det er derfor nødvendigt at rette fokus hen imod busdriften i hovedstadsområdet, da en fremgang i passagerantallet her procentvis vil resultere i langt bedre økonomi for systemet som helhed. Dette projekt vil derfor tage udgangspunkt i bussernes drift, og hvordan Movia kan forbedre deres økonomiske resultat ved bl.a. at tiltrække flere kunder.

Det, Movia skal koncentrere sig om de kommende år, er, at forbedre de forhold, hvor de selv kan gøre en forskel. Det fremgår netop at flere faktorer, der påvirker udviklingen i den kollektiv trafik, er eksterne. Movia skal altså se på, hvad der kan påvirkes igennem deres egen planlægning og herved få flere passagerer i busserne. Analyser af kundernes præferencer viser, at fokus ligger på pålidelighed og rejsetid, jf. Afsnit 5.3.2 Kunderne har fokus på pålidelighed og rejsetid.

Ifølge kvalitetsmålinger og henvendelser er der dermed et behov for at få køreplaner, kunderne kan stole på. Bussernes rettlighed skal forbedres, og bussernes planlagte rejsetid skal repræsentere bussernes virkelige rejsetid. I denne sammenhæng er det derfor vigtigt, at de egentlige publikumsvendte køreplaner opretholdes på det niveau, som Movia stiller kunderne i udsigt. Og det er passagerernes kendskab til fast minuttal mellem busserne. Afstandsbåndene imellem busserne skal være lineær fordelt, så frekvensen opretholdes. Som situationen er i dag, er der tendens til at bussernes ankommer i 'klumper' repræsenteret ved poisson fordelinger.

De underliggende chaufførkøreplaner, som chaufførerne reelt kører efter, skal dermed undersøges nærmere, da pålideligheden til disse er omdrejningspunktet i at tiltrække flere passagerer til busserne og forbedre Movias økonomiske resultat.

Der er primært en indikation, der peger på, at køreplanerne kan optimeres. Som beskrevet i Kapitel 4 Det kollektiv trafiknet, tager køreplanlægning ikke direkte udgangspunkt i virkelige hændelser. Køreplaner har i højere grad form af at ligne en forhandling mellem region, kommune, trafikselskab og operatør. Der er mange aktører i spil, og disse har typisk forskellige interesser, ikke mindst mellem trafikselskab og operatør, hvor trafikselskab repræsenterer regionens og kommunes ønsker.

Problembeskrivelse

Movia har siden indførelsen af A-busnettet haft store investeringer i IT bl.a. med det formål at få bedre data at planlægge efter, men det informationsmæssige store datagrundlag benyttes ikke tilstrækkeligt i planlægningsfasen, jf. overstående. Movia benytter ikke systematisk de GPS-registreringer, de har til rådighed, og derfor har køreplanlæggerne i Movia reelt ikke kendskab til de 'rigtige' køretider på rutenettet. Ifølge Movias områdechef for hovedstadsområdet Torsten Rasmussen mangler Movia netop en metode til at fastlægge den optimale køretid på baggrund af store datamængder (Movia, 2009e). En metode eller et redskab de kan bruge til en systematisk analyse af data med henblik på at få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden. Dette leder hen til følgende spørgsmål:

Kan der på baggrund af GPS-data fremstilles en metode, Movia kan benytte til at få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden?

Problemstillingen ligger op af Movias egen vision om at forbedre deres økonomiske resultat, bl.a. på baggrund af passagerfremgang. I deres Forretningsplan, der sigter mod flere passagerer i perioden 2008 til 2010, er målet 10 mio. flere påstigere svarende til et vækstsmål på fem pct (Movia, 2008a, s. 30). Dette skal opnås via mål og strategier, der tager udgangspunkt i Movias mission og vision, og som netop er sammenhængende med dette projekts problemstilling.

Forretningsplanen beskriver syv satsningsområder, der hver især tager afsæt i konkrete strategier. Af de syv satsningsområder berører problemstillingen tre af disse; Mere loyale kunder, Det effektive og innovative Movia, De kompetente medarbejdere. For at opnå loyale kunder ønsker Movia at forbedre deres service, så de i højere grad opfylder kundernes vigtigste behov for pålidelighed og derved gøre rejserne mere præcise og hurtigere. Udviklingen er nøglen til vækst, og derfor stræber Movia efter at gøre tingene bedre og mere effektive. Samtidig ønsker de en miljøvenlig tilgang til deres løsninger, og deres analytiske evner skal danne grundlag for nye tiltag. Endelig søger Movia efter medarbejdere med de rigtige kompetencer og analytiske evner, da analyser er et bærende element i god rådgivning og effektiv planlægning. (Movia, 2008a)

I den følgende del af rapporten vil problemformuleringen behandles, og der vil udarbejdes en metode, som kan udføre den opgave, der er stillet. I metoden anvendes GPS-data indsamlet fra linie 5A, og metoden skal sikre at køretiderne kan optimeres på delstrækninger såvel som hele linienet.

I dag sidder der GPS-loggere i de fleste af Movias busser og med forventning om, at de bliver implementeret i de resterende busser indenfor en kortere årrække, vil metoden til optimering af køreplaner derfor kunne anvendes i alle fremtrædende busruter i hovedstadsområdet, ligesom de yderligere kan benyttes i hele landet.

6 OPTIMERING AF KØREPLANTIDER

Det er vigtigt at Movia får gennemgået deres metode til udarbejdelse af køreplaner eller manglen på samme, da der sandsynligvis er et uudnyttet potentiale i de køretider, som køreplanerne opererer med i dag, jf. Kapitel 5 Problembeskrivelse. Der er imidlertid også mulighed for, at køreplanerne er for ”stramme”, og der derved er behov for udvidelse af køretiden. Ikke desto mindre har én given metoden til fastsættelse af optimal køretid på baggrund af store datasæt sin berettigelse og kan bruges til at planlægge efter.

For at anvende GPS-registreringer fra busser til optimering køretiderne i Movias planlægning, er det nødvendigt at kvantificere køretiderne, så det bliver muligt at sammenligne forskellen mellem køreplantiderne og de faktiske køretider. Dette og de efterfølgende kapitler vil omhandle, hvordan en metode til optimering af køretider i køreplanerne skal opstilles.

For at undgå at ordene køretid og rejsetid bruges i flæng, er det i dette projekt fundet nødvendigt at definere hver deres betydning. Køretiden defineres her som den tid det tager at gennemkøre en strækning uden ophold ved stoppested. Rejsetiden defineres som køretiden summeret med den tid, der er ved hvert ophold, og dermed repræsenterer rejsetiden den samlede tid i bus inklusiv stoppested.

I dette projekt er der valgt at fokusere på rejsetiden, og dermed vælges der ikke at se særskilt på hhv. køretid og opholdstid. Tiden ved stoppested indgår dermed indirekte i resultaterne af køreplantiderne. På trods af dette vil metoden stadig kunne bruges til kun at se på køretid. I den efterfølgende del af rapporten benyttes ordet rejsetid, som den tid det samlet tager en bus at gennemkøre en strækning.

Grundidéen ved metoden er at sammenligne forholdet mellem planlagt og faktisk rejsetid statistisk, så Movia ud fra statistiske mål har mulighed for at justere i køreplanerne. Registreres der herefter en signifikant forskel mellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider, kan køreplanen tilpasses ved:

- At reducere rejsetiden på de strækninger og i tidsbånd, hvor beregningen viser et overskud af rejsetid
- At udvide rejsetiden i begrænset omfang på strækninger og i tidsbånd, hvor beregningerne viser et underskud af rejsetid
- At justere opholdstiden ved endestationen, således en del af reduktionen i rejsetiden på linien placeres som buffer her

Optimering af køreplantider

Ved at foretage køreplanjusteringerne efter denne ide sikres der, at busserne får den optimale rejsetid i forhold til faktiske forhold. Busserne vil køre så hurtigt som muligt gennem ruten, og derved kan det undgås, at busserne bruger tid på udligningsophold til irritation for passagerer og chauffører. Movia registrerer netop flere steder på fremtrædende A-buslinier, at der udlignes ved checkpunkter som f.eks. Hovedbanegården, Rådhuspladsen og Amagerbro st. (Movia, 2008c). Ved at introducere en buffer i endestationsopholdet sikres det samtidig, at eventuelle forsinkelser på turen ikke påvirker næste turs afgangstid, og er der behov for udvidelse af rejsetiden i køreplanen på en delstrækning placeres udvidelsen primært i bufferen i endestationsopholdet.

Det skal nævnes, at det i dette projekt ikke er resultatet, der er essentielt men selve metoden, hvorpå resultaterne kan udføres. Det er derfor ikke opgaven at udføre selve resultaterne som ovenfor afsnit beskriver, men metoden hertil. Herefter er det selv op til Movia, hvorvidt de vil gøre brug af projektets beskrevne metode. En vurdering af de resultater fra den pågældende linie, hvorpå metoden hviler, vil dog medtages.

Formålet er at udforme metoden, så den direkte kan bruges af Movia i planlægningsfasen ved udarbejdelsen af nye køreplaner. Yderligere er det ønsket, at metoden også kan bruges af andre trafikselskaber end lige Movia, både i ind- og udland. Metoden skal opfylde følgende betingelser:

- Resultaterne skal afspejle de aktuelle forhold, der udspiller sig i busdriften
- Metoden skal kunne anvendes af køreplanlæggere, der har et grundlæggende kendskab til statistik i trafikplanlægningen
- Resultatet skal være egnet til formidling, ikke kun blandt medarbejdere ved Movia, men også for medarbejdere ved regioner, kommuner og busentreprenører
- Metoden er primært målrettet Movia, men den skal endvidere også kunne anvendes af andre trafikselskaber i Danmark som benytter GPS-registrering til detektering af rejsetider, såvel som den skal kunne bruges af selskaber i udlandet

VALG AF PROGRAM

Der er i samråd med Movia valgt bl.a. at arbejde med planlægningsværktøjet Hastus. I dette køreplanlægningsprogram, som bl.a. udgør kernen i Movias køreplanlægning og afvikling af realtidssystemet, findes et ATP-modul, som er i stand til sammenholde statistiske oplysninger om bussernes faktiske kørsel med de rejsetider, Movia planlægningsmæssigt har lagt ind i de forskellige køreplaner, jf. Bilag 1 A Bus IT - ABIT.

Fra ATP-modulet overføres GPS-registreringerne til beregningsprogrammet Excel, hvor de statiske oplysninger sættes i forhold til hinanden. På den måde kan det belyses, om de planlagte rejsetider matcher de faktiske, eller om der er behov for justeringer.

6.1 LITTERATURSTUDIER

I forbindelse med udarbejdelse af metoden har det ikke været muligt at finde information om tidligere studier, der på baggrund af GPS-registreringer, har arbejdet med optimering af køreplantider i busdriften. Dette stemmer godt overens med Movias egen forventninger, da der i Europæisk sammenhæng ikke er tradition for at se systematisk på forskellen mellem køreplanmæssige og faktiske rejsetider (Movia, 2009d).

Som det fremgår af problemformuleringen i Kapitlet 5 Problembeskrivelse, har Movia ikke selv systematisk overblik over de planlægningsmæssige rejsetider kontra de faktiske rejsetider på trods af, de råder over store mængder GPS-data. Derudover har de ikke kendskab til variationen i rejsetiden indenfor dagen, mellem dagene i løbet af ugen og mellem ugerne (Movia, 2009d). Det er altså relativt nyt at se systematisk og statistisk på rejsetiden, hvilket indikerer behovet for en metode, der netop tager dette i regning.

På trods af manglende studier, der kunne være relevant i forbindelse med udarbejdelsen af metoden til optimering af køreplantider, er det alligevel fundet relevant at beskrive to tidligere projekter, som behandler den kollektive trafik. Dette skyldes, at de har lagt som inspiration til dette projekt. Det første projekt omhandler opstillingen af en model for trængselsopgørelse for metrobusserne i Aalborg, og det andet projekt omhandler muligheden for reduktioner i køretiden for busser i København i løbet af sommerferieperioden.

6.1.1 PROJEKT – TRÆNGSELSOPGØRELSE FOR BUSSER

I forbindelse med et afgangspjekt forrige år 2008 på Vej- og Trafikteknik ved Aalborg Universitet udarbejdede to studerende en model til trængselsopgørelse for busser. Projektet som havde til formål at kortlægge trængslen for metrobusserne i Aalborg ved hjælp af GPS-data skulle også være anvendelig andre steder i landet, ligesom den skulle kunne bruges i udlandet. (Duhn, JK et al. 2008, s. 7)

Projektet finder, at rejsetid og pålidelighed er blandt de vigtigste faktorer i bestræbelserne på at få flere til at vælge den kollektive trafik til fordel for bilen (Duhn, JK et al. 2008, s. 24). Derfor fokuserer dette projekt på trængsel, da en kortlægning af denne vil konkludere hvor busserne i Aalborg bliver forsinket, hvilket netop medfører en forlængelse af rejsetiden og en forringelse af pålideligheden.

METODE

For at dokumentere og kortlægge lokaliteter, hvor der opstår forsinkelser for busserne, er der taget udgangspunkt i positionslogninger fra GPS-registreringer indsamlet fra metrobus 1 og 2 for januar måned 2008 (Duhn, JK et al. 2008, s. 27). Januar måned er udvalgt

Optimering af køreplantider

ud fra erfaringer om størst efterspørgsel. Indenfor januar, ses i øvrigt kun på hverdagene tirsdag til torsdag, da det antages at mandag og fredag ikke repræsenterer normalen.

Trængslen for busserne er defineret som forholdet mellem køretiden for en periode med fri fremkommelighed, og spidsperioder med meget trafik og mange passagerer. Det antages, at bussernes køretid i tidsrummet fra kl. 22 til kl. 23 er repræsentativt for perioder med fri fremkommelighed for busser. Spidsperioderne udvælges særskilt for morgen og eftermiddag. Morgen- og eftermiddagsspidstrafikken findes hhv. i tidsrummet fra kl. 7 til kl. 8 og fra kl. 15 til kl. 16. (Duhn, JK et al. 2008, s. 30)

Opdelingen af trængselsniveauerne, fra ingen forsinkelse til kritisk forsinkelse, for de forskellige delstrækninger er defineret ved en selvstændig metode, der har taget udgangspunkt i to tidligere projekter om trængsel. På baggrund af disse projekter er der udformet en opdeling på fem niveauer af trængsel.

RESULTATER

De to undersøgelser af metrobuslinierne i Aalborg viser, at trængslen er størst på indfaldsvejene Hobrovej og Hjørringvej, inde omkring centrum ved Limfjordsbroen og Jyllandsgade samt ved strækningerne Sohngårdsholmsvej og Th. Sauersvej ud mod universitet (Duhn, JK et al. 2008, s. 39). I Nørresundby langs Hjørringvej er trængslen nærmest identisk om morgenen og om eftermiddagen, mens der på Limfjordsbroen er en tendens til, at trængslen er størst i sydgående retning.

I de centrale dele af Aalborg er der ikke stor forskel i forsinkelserne mellem spidstimerne, hvilket skyldes, at busserne på store dele af strækningen her kører på veje, hvor der ikke er adgang for den øvrige trafik (Duhn, JK et al. 2008, s. 39). På indfaldsvejen Hobrovej ved Skalborg er der en tendens til at forsinkelserne er større i eftermiddagsspidstimen, og specielt i sydgående retning væk fra byen. Langs Jyllandsgade og Sohngårdsholmsvej er forsinkelserne næsten identiske for morgen- og eftermiddagsspidstimen, mens trængslen på Th. Sauersvej i retning mod universitet er større om morgen.

6.1.2 PROJEKT – KØRETIDER I SOMMERPERIODEN

Dette projekt beskriver mulighederne for reduktioner i køretiden i løbet af sommerferien, som følge af nedsat trafikbelastning på vejnettet i det centrale København og fald i antallet af passagerer i den kollektive trafik (CowI, 2008b, s. 1). Faldet i trafikken er i sådan en størrelsesorden, at fremkommeligheden for bustrafikken øges markant, og samtidig betyder det faldende passagertal, at betjeningstiden ved mange stoppesteder reduceres.

Movia har derfor konstateret, at køretiderne som bussernes opererer med på de linier, der betjener de centrale dele af København, er noget lavere i ferieperioderne, hvilket medfø-

rer at køreplanerne, der er opstillet ud fra en situation med normal trafikbelastning, bliver mere rummelige, og at busserne for at overholde køreplanerne kører langsommere end nødvendigt eller holder unødvendige længe ved stoppesteder (Cowi, 2008b, s. 3).

Cowi fik af Movia derfor til opgave at udarbejde en metode til reduktion i køretiderne på de linier, der betjener de centrale dele af København. I projektet indgår alle A-busser samt linierne 14, 15, 18, 150S og 350S (Cowi, 2008b, s. 3).

METODE

Beregningerne af reduktionerne af køretiden i sommerferieperioderne tager udgangspunkt i data fra ABIT-systemet for A-bussenes vedkommende og fra TeleDataRadio for de øvrige busser. Beregningerne er foretaget ved at sammenstille køretidsregistreringerne på hverdage i sommerferieugerne fra 1. juli til 12. august 2007 med perioden fra 3. september til 12. oktober 2007 (Cowi, 2008b, s. 4). Data er i begge tidsperioder "renset" for alle ture, hvor der er negative (eller nul) køretider mellem stoppestederne samt på de strækninger, hvor gennemsnithastigheden er over en maksimal værdi.

De mulige reduktioner i den samlede køretid bliver beregnet som en sum af reduktion i køretiden mellem stoppestederne og reduktion i opholdstiden ved stoppestederne. Reduktionen i køretiden beregnes som differencen mellem de gennemsnitlige køretider for sommerperioden og kontrolperioden. Reduktionerne i opholdstiden ved stoppestederne bliver beregnet ud fra tidsforbruget pr. påstigende passager i kontrolperioden. Herefter antages det, at tidsforbruget pr. påstigende passager for kontrolperioden er den samme for den i sommerferieperioden, hvorved der opnås en besparelse grundet færre passagerer i sidstnævnte periode. (Cowi, 2008b, s. 4)

RESULTATERNE

Mulighederne for at reducere køretiderne varierer alt efter hvilken linie samt hvilket tidsbånd, der er tale om. Der er dog nogle fællestræk. Ses der på myldretidstrafikken for alle linierne, er det generelt en tendens, at reduktionerne i køretiden er gode. Dette skyldes, at køretiden er rummelig, da det er her, omfanget af den øvrige trafik falder mest og i de perioder, at passagertallet falder mest i forhold til kontrolperioden (Cowi, 2008b, s. 6).

I løbet af formiddagen og om aftenen er reduktionerne mere begrænsede, da trafikken i disse perioder er mere ens i og udenfor sommerperioden. Analyserne viser yderligere, at reduktionerne i køretiden og opholdstiden om sommeren er størst på brogaderne og på gaderne i de centrale bydele. Der er imidlertid også i visse tidsbånd et øget tidsforbrug ved stoppestederne inde omkring centrum. Dette skyldes formodentligt turister, som har behov for ekstra vejledning end øvrige passagerer. (Cowi, 2008b, s. 6)

6.2 VALG AF LINIE TIL UNDERSØGELSE

Samtlige busser i hovedstadsområdet får foretaget registrering af deres tilstedeværelse ved hjælp af GPS-loggere. Det gør de i forbindelse med den busradio (TeleDataRadio), der er implementeret i samtlige busser i det tidligere HT-område, jf. Bilag 1 A Bus IT - ABIT. Busradioen, som registrer bussernes givende position og tidspunkt på dagen, foretager logning en gang i minuttet.

Alle busser i hovedstadsområdet, bortset fra A-busserne, sender hele tiden rapporter om den aktuelle position ved hjælp af busradioen. A-busserne sender i stedet ABIT-positioner, som pga. en anden algoritme er mere præcise end busradioens positioner. Yderligere er der væsentligt mere information lagret i ABIT-systemet, da systemet registrerer en logning pr. 10 sekund samt ved hvert stoppested, jf. Bilag 1 A Bus IT - ABIT.

Da alle busser i hovedstadsområdet har implementeret GPS-loggere til registrering af bussernes position og tidspunkt, har det været nødvendigt at foretage en afgrænsning til én buslinie, der skal anvendes i forbindelse med den ønskede metode. Det er valgt at fokusere på A-busserne, da der forelægger væsentligt mere information om deres rejsetider. Grundlæggende har det ikke den store betydning, hvilke af A-buslinierne der arbejdes videre med, dels pga. opgavens karakter, dels de mange oplysninger fra ABIT-systemet. Det er alligevel valgt at tage udgangspunkt i den tungeste buslinie.

Linie 5A har den fordel, at den udover højst produktivitet, er den linie, hvor der driftmæssigt og dermed økonomisk er mest at spare, jf. Kapitel 5 Problembeskrivelse. Som beskrevet tidligere er hovedformålet med projektet dog selve metoden og ikke dens resultater. Disse skal selvstændigt udføres af Movia. Ikke desto mindre kan resultaterne herfra, bruges direkte i dialog med busentreprenører, om forskellen mellem planlagte og faktiske rejsetider på linie 5A.

Yderligere står Movia overfor at foretage en undersøgelse om etableringen af en højklaset letbane på Frederikssundsvejen fra Nørrebro st. til Husum Torv (Movia, 2009d). Derfor har arbejdet stor interesse, idet processen i arbejdet vil skabe klarhed om præcise rejsetider samt spredningen af data på strækningen. Dette er nyttige oplysninger om de udfordringer, som Movia står overfor i forhold til delstrækningen Frederikssundsvej.

Linie 5A fra Husum Torv til Sundbyvester Plads repræsenterer en strækningsslængde på 14,2 km. Ruten har 39 busser i drift, og disse kører i tidsrummet fra kl. 4:18 til kl. 1:11. I alt bliver der i løbet af en hverdag kørt 528 bustimer. Linie 5A betjener mere end 60.000 passagerer og er derved langt den største busrute i hovedstadsområdet. I dag varetager Netbus rollen som busentreprenør. (Movia, 2009d)

For at danne sig et overblik over selve linien, er det nødvendigt med kendskab til variationen af bussernes rejsetid samt den spredning, der er på de givende GPS-data. I det følgende kapitel analyseres GPS-registreringerne mht. variationen af rejsetid og spredning henover ugen samt i løbet af en enkelt hverdag.

I dag opererer Movia med køreplantider, der er forskellige for hverdage, lørdage samt søndage og helligdage. Undersøgelsen af rejsetidsvariationen for hverdagene vil indikere, om der er behov for forskellige køreplaner mandag til fredag. Derudover er resultatet af variationen interessant i sig selv, da det giver et generelt indblik i fremkommeligheden og rejsehastigheden på strækningen fra Husum Torv til Sundbyvester plads.

Plankoordinator for linie 5A Erik Hjulmand nævner i den sammenhæng, at en sådan undersøgelse ikke før er blevet foretaget i Movia, hvilket gør den interessant, ikke mindst for hans vedkommende, da undersøgelsen af variationen tager udgangspunkt indenfor hans ansvarsområde (Movia, 2009d). På trods af de manglende undersøgelser omkring rejsetidsvariationen har Movia alligevel en formodning om, hvordan billedet af variationen er, men den er ifølge overstående ikke dokumenteret. Endvidere vil variationen af rejsetiden og spredningen af data kunne kvantificeres, så den kan måles, vurderes samt efterfølgende sammenlignes med fremtidige undersøgelser af andre buslinier.

7 UNDERSØGELSE AF VARIATIONEN

Efterspørgslen af kollektiv trafik varierer ikke kun over året, men også indenfor den enkelte uge og det enkelte døgn. Efterspørgslen er størst i myldretiden på hverdage og om vinteren, mens den er mindre om aften og weekenden samt henover sommeren. I de koldeste vintermåneder (nov. til feb.) benytter ca. 20 pct. flere end årsgennemsnittet den kollektive bustrafik. Det omvendte billede ses i løbet af skolernes sommerferie (jun. til aug.), hvor ca. 20 pct. færre end årsgennemsnittet anvender den kollektive bustrafik. Variationen i efterspørgslen over ugen er tilsvarende høj, hvilket, medfører at trafikselskaber arbejder med forskellige køreplaner hverdage, lørdage samt søndage og helligdage. (Jensen, 2007, s. 36)

Da det af økonomiske hensyn ikke er rentabelt at køre med samme køreplan hele året, der opfylder efterspørgslen, opererer Movia med køreplaner, hvis variation afspejler forskellen i efterspørgslen. Spørgsmålet er imidlertid om efterspørgslen henover ugen er så forskellig, at det er nødvendigt, ikke kun med separate køreplaner for hverdage samt weekend og helligdage, men endvidere for de enkelte hverdage mandag til fredag. Dette kapitel vil undersøge variationen af rejsetid og spredning på GPS-data fra mandag til fredag samt i de enkelte tidspunkter på hverdagene.

Variation af rejsetiden vil indikere, om der er behov for forskellige køreplaner mandag til fredag. Endvidere kan det indenfor det enkelte døgn vurderes om væsentlige ændringer i rejsetiden bliver efterfulgt af ændring i køreplantiden. Variationen af spredningen af de enkelte GPS-registreringer er tilsvarende interessant, idet den vil give indikation af størrelsen på trængsel og fremkommeligheden på det vejnet som, busserne anvender. Det forventes, at spredningen vokser med størrelsen af trængsel og dermed bliver fremkommelighed på linien mindre. Yderligere kan andre hændelser, der har en stokastisk natur såsom uheld lokaliseres.

7.1 METODE

I forbindelse med at kende til variationen af rejsetiden og spredningen af data, er det nødvendigt at foretage en tidsmæssig og geografisk afgrænsning af data. Dette skyldes, at data er indsamlet gennem flere år, og at undersøgelse af linie 5A kan foretages for hele linien, som for én eller flere delstrækninger på ruten. Der er valgt en tidsmæssig afgrænsning på en måned, hvor november udvælges. November måned antages at repræsentere normalen bedst, idet denne måned ikke er præget af ferie og køreplansskift. Indenfor november måned udvælges et tidsrum fra kl. 4:00 til kl. 24:00.

Undersøgelse af variationen

I forhold til den geografiske afgrænsning, er der valgt at betragte to tilfælde hhv. for delstrækningen Nørrebro Station til Husum Torv samt for linien Sundbyvester Plads til Husum Torv. Resultaterne af delstrækningen fra Nørrebro Station til Husum Torv er interessant i forhold til den undersøgelse som Movia ønsker udarbejdet i forbindelse med etableringen af en letbane på Frederikssundsvej. Derudover er der en generel interesse for hele linie 5A og i de forskelle, der evt. er imellem én delstrækning og hele linien. I denne sammenhæng ses der ikke på ruten helt til Kastrup Lufthavn, da kun hver tredje bus fortsætter efter Sundbyvester Plads, hvilket medfører, at antallet af data bliver mere sparsomt.

Som beskrevet i Kapitel 6 Optimering af køreplantider, er antallet af data og deres præcision størst og mest præcis i ABIT-systemet, hvoraf analyse af variationen foretages ud fra dette. Analyserne er foretaget ved at sammenstille de gennemsnitlige rejsetider for hverdage fra den 1. november til den 30. november 2008. I projektet har der været mulighed for at analysere på times bånd, halvtimes bånd og kvarters bånd. Der er valgt at fokusere på halvtimes bånd i tidsrummet fra kl. 5:00 til kl. 20:00, jf. Bilag 3 Variation i rejsetid.

Halvtimes bånd er valgt som den ”gyldne mellemvej” imellem fordele og ulemper. Ulempen ved at anvende kortere tidsbånd end en time giver sig udtryk i den statistiske teori. Konklusionerne fra resultaterne bliver mindre valide, når analysen er baseret på færre data, idet der kræves flere forudsætninger, som sjældent vil være opfyldt. Dette er bl.a. tilfældet i forbindelse med kravet om normalfordeling og varianshomogenitet, jf. Afsnit 7.1.2 Metode til kvantificering. Flere data i hvert tidsbånd vil alt andet end lige altid være en fordel, når der skal analyseres på de data, der anvendes i forbindelse med variationen af rejsetiden.

Fordelen ved kortere tidsbånd, at der fås et mere præcis billede af dagens situation mht. gennemsnitlig rejsetid og spredning, når tidsrum af kortere varighed anvendes. Spørgsmålet er imidlertid, om det er nødvendigt med så præcist kendskab til bl.a. den gennemsnitlige rejsetid, at den skal opgøres på kvarterbasis. Dette er sammen med et mål om flere data imidlertid også grunden til, at der analyseres på halvtimes bånd.

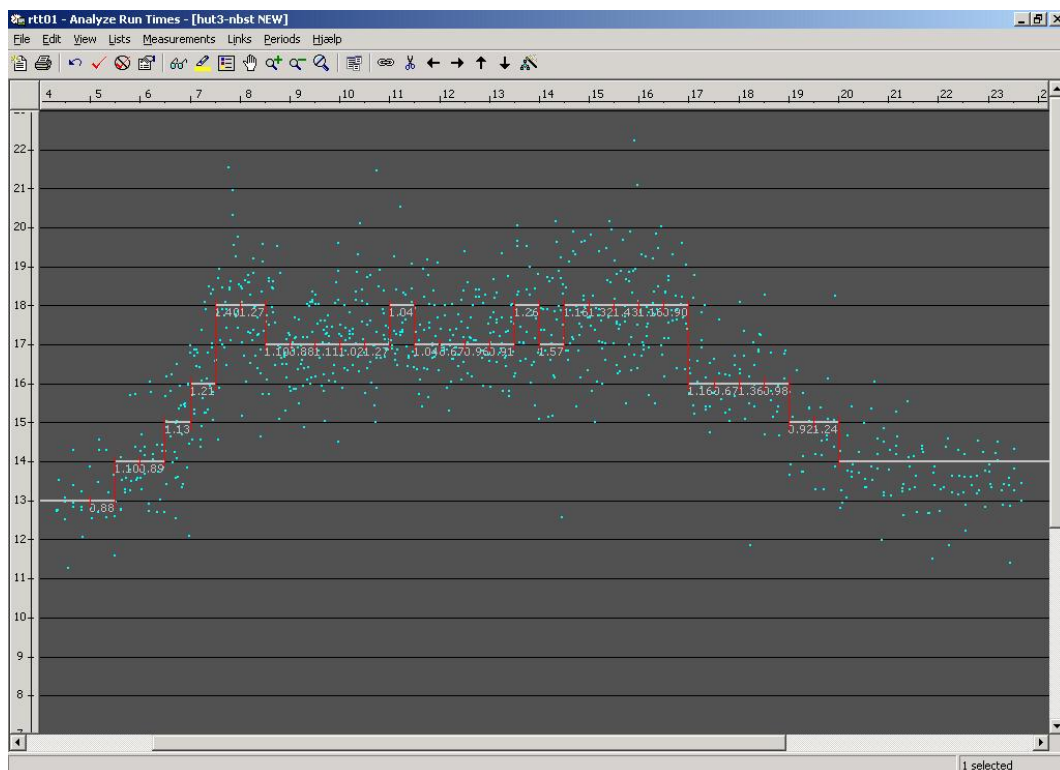
Følgende afgrænsning kan opsummeres til at omhandle:

- 1. november 2008 til den 30. november 2008
- Tidsrummet fra kl. 4:00 til kl. 24:00
- Der analyseres på halvtimes bånd
- Delstrækningen på Frederikssundsvej fra Nørrebro St. til Husum Torv
- Hele linien fra Sundbyvester Pl. til Husum Torv

7.1.1 DATAGRUNDLAGET

Der er foretaget to statistiske undersøgelser af variationen af rejsetiden samt spredningen af data fra mandag til fredag. Det generelle billede af variationen tager udgangspunkt i den beskrivende statistik, men da det er nødvendigt at kvantificere resultaterne til brug i sammenligningshenseende, udføres der også analytisk statistik. På den måde bliver det muligt at sige noget statistisk om forholdet imellem rejsetiderne og spredningerne på de respektive dage samt indenfor det enkelte døgn.

Figur 14 viser et eksempel på output fra ATP som overstående analyser bygger på. De pågældende dage i november måned er torsdage på delstrækningen Frederikssundsvej i retning fra Husum Torv til Nørrebro Station. Hver registrering repræsenterer et tur-id med tilknyttet rejsetid og tidspunkt på dagen, som den enkelte registrering dækker over. Den enkelte bus' rejsetid kan aflæses på den vertikale akse, mens tidspunktet på dagen fremgår af den horisontale akse, jf. figur 14. Den gennemsnitlige rejsetid oprundet som helt minuttal fremgår af den varierende røde kurve og spredningen på de enkelte bussers rejsetider i forhold til normalen kan aflæses af tallene under kurven. Det er bl.a. disse data der eksporteres til Excel til videre databehandling.



Figur 14. Rejsetider torsdage på Frederikssundsvej i sydøstlig retning, jf. bilags-cd'en.

For at få foretaget de tilsigtede undersøgelser omkring den beskrivende og analytiske statistik, er der indenfor det enkelte tidsbånd valgt at udtage data om antallet af målinger, gennemsnitlig rejsetid og standard afvigelse, jf. bilag 3 Variation i rejsetid. Her indtager

Undersøgelse af variationen

informationerne om antallet af målinger en central rolle, da det bl.a. er via disse, at der kan vurderes på den analytiske statistik i form af det statistiske grundlag. Antallet af data til brug i arbejdet fremgår af tabel 7. Udover antallet er målinger, giver spredningsmålet en indikation af de enkelte registreringers spredning indenfor det enkelte tidsbånd.

	<i>Nørrebro St. til Husum Torv</i>	<i>Sundbyvester Pl. Til Husum Torv</i>
<i>Mandage</i>	639 (1 måling er frasorteret)	581 (1 måling er frasorteret)
<i>Tirsdage</i>	645 (1 måling er frasorteret)	604 (1 måling er frasorteret)
<i>Onsdage</i>	849 (2 målinger er frasorteret)	789 (2 målinger er frasorteret)
<i>Torsdage</i>	877 (3 målinger er frasorteret)	794 (3 målinger er frasorteret)
<i>Fredage</i>	846 (6 målinger er frasorteret)	779 (6 måling er frasorteret)
	<i>Husum Torv til Nørrebro St.</i>	<i>Husum Torv til Sundbyvester Pl.</i>
<i>Mandage</i>	675 (ingen er frasorteret)	663 (ingen er frasorteret)
<i>Tirsdage</i>	687 (ingen er frasorteret)	675 (ingen er frasorteret)
<i>Onsdage</i>	921 (1 måling er frasorteret)	898 (1 målinger er frasorteret)
<i>Torsdage</i>	936 (2 målinger er frasorteret)	914 (2 målinger er frasorteret)
<i>Fredage</i>	898 (ingen er frasorteret)	984 (ingen er frasorteret)

Tabel 7. Antal af registreringer til brug i dataarbejdet, november måned 2008.

Dataene er 'renset' for alle ture, hvor der er negative (eller nul) rejsetider mellem stoppestederne samt de strækninger, hvor rejsetiden er over en maksimal eller minimal værdi. De øvre og nedre grænseværdier skal sikre mod enkelte hændelsers indflydelse, såsom fejl i ABIT-systemet, uheld eller vejarbejde, idet disse kan skævvride billedet af, hvad der er normalt. Som det fremgår af tabel 7 har sådanne hændelser ikke indtruffet i væsentligt omfang, og de repræsenterer under én pct. i hvert af dataudtrækkene.

7.1.2 METODE TIL KVANTIFICERING

I forhold til at kvantificere resultaterne og vurdere de signifikante sammenhænge, er der valgt at fokusere på konfidensintervaller omkring middelværdierne ved hjælp af Eyeball Testen, jf. Bilag 3 Variation i rejsetid. Metoden er enkelt, og der kan hurtigt laves vurderinger på middelværdier af to eller flere uafhængige grupper. Det er dermed ikke fundet nødvendigt at foretage selvstændige parametriske middelværditests for hver gruppe, da en forskel i konfidensintervallerne alene vil give udslag i en signifikant forskel (Madsen, 2009).

For at tage forbehold for at observationsmængden er forholdsvis lille, er der valgt et signifikantniveau α på 0,1 svarende til et konfidensniveau γ på 0,9, jf. bilags-cd'en. Det har været vurderet, om der var behov for et endnu mindre konfidensinterval, men dette ville have betydet større usikkerhed i de konklusioner, der kunne drages på baggrund af resultaterne. Dermed er der altså valgt et signifikantniveau α svarende til, at sandsynligheden for et rigtigt resultat er 90 pct.

Når der udarbejdes parametriske middelværditests bør der generelt foretages normalitets- og varianshomogenitetstests, men disse undersøgelser kan være særdeles omfangsrige, hvilket ville betyde en væsentlig større tidsramme, som ikke har været tilgængelig. Der er i samråd med Statistiker Jens Christian Overgaard Madsen fra Trafikforskningsgruppen ved Aalborg Universitet vurderet, at kravene til normalitet og varianshomogenitet med rimelighed i dette projekt kun vurderes ud fra antallet af data i hvert tidsbånd (Madsen, 2009). Projektets hovedformål er dermed at udvikle et redskab, Movia kan benytte til systematiske analyser af rejsetiden, hvilket vil medføre screening af resultaterne og ikke ”egentlige” analyser.

Det kan antages, at dataene repræsenterer normalfordelinger, når antallet af data i hvert tidsbånd er 25 eller derover. Yderligere kan det antages, at dataene er homogene hvad variansen angår, når størrelsen af data i de enkelte tidsbånd er lige store. For at øge antallet af data i hvert tidsbånd, så de i højere grad vil være 25 eller derover, kunne der med fordel anvendes heltimes bånd i stedet for halvtimes bånd.

For helt at slippe for krav til normalfordeling og varianshomogenitet, kunne en nonparametrisk middelværditest yderligere benyttes. Denne kan bruges på alle typer data uanset fordeling. Ulempen er dog, at en del af den information, der ligger i fordelingen, forkastes, hvilket gør de nonparametriske tests mindre effektive i forhold til de korresponderende parametriske tests. For at opnå samme resultat fra en parametrisk test og en nonparametrisk hypotesetest skal sidstnævnte have væsentligt flere data end i den tilsvarende parametriske test, hvilket netop er grunden til at sådanne ikke foretages i dette projekt.

7.2 ANALYSER AF VARIATIONEN

Projektets hovedvægt er lagt på opstillingen af en metode til optimering af køreplantider, og til dette er der valgt også at beskrive variationen af rejsetid imellem hverdagene mandag til fredag. Da opgavens primære mål er at opstille en metode og ikke selve resultaterne af pågældende dataudtræk, vælges der i det følgende ikke at give en fuldstændig og fyldestgørende vurdering af resultaterne. Alle resultater fremgår af bilags-cd'en. De vigtigste konklusioner af resultaterne fra variationen fremgår dog af det følgende. Variationen er opgjort i fire selvstændige analyser, som refererer til strækningerne:

- Delstrækning Frederikssundsvej i retning fra Nørrebro St. til Husum Torv
- Delstrækning Frederikssundsvej i retning fra Husum Torv til Nørrebro St.
- Linien i retning fra Sundbyvester Pl. til Husum Torv
- Linien i retning fra Husum Torv til Sundbyvester Pl.

Undersøgelse af variationen

7.2.1 DESKRIPTIV STATISTIK

Det fremgår af Bilag 3 Variation i rejsetid, at der ikke er stor variation på den gennemsnitlige rejsetid, når delstrækningen i retning mod Husum Torv betragtes. Det bemærkes dog, at rejsetiderne på fredage topper ca. to timer før de andre hverdage, hvilket stemmer overens med, at pendlere mellem arbejde og hjem får tidligere fri på fredage. Ses der på spredningen af data fremgår det, at mandage og tirsdage adskiller sig i de tidligere morgentimer, og fredage har ligeledes større spredning af rejsetider hen på eftermiddagen.

Iagtages delstrækningen i modsat retning mod Nørrebro Station bemærkes det, at spidstimen er størst om morgenen, hvilket kunne hænge sammen med pendlingsflowet ind mod Københavns og centralkommunernes store arbejdskoncentrationer, jf. bilags-cd'en. Ses der på de gennemsnitlige rejsetider, kan det konstateres, at ingen dage adskiller sig markant fra andre, jf. bilags-cd'en. På trods af dette ses det dog, at spredningen for tirsdage varierer mere markant end de øvrige dage. Tirsdage har særdeles høj spredning omkring kl. 11, kl. 16 og kl. 19, hvilket ikke er tilfældet med de øvrige hverdage. Torsdage har tilsvarende en høj spredning i data omkring kl. 5, jf. bilags-cd'en.

Det fremgår af bilags-cd'en, at der ikke er store variationer i rejsetiden, når hele linien i retning mod Husum Torv betragtes. Fredage topper ligeledes med delstrækningen i samme retning to timer før de øvrige hverdage om eftermiddagen. Der ses en markant ændring i rejsetiden for mandage i tidsbåndet fra 14.30 til 15. Der er ingen entydige tendenser i spredningen af dataene, men de respektive hverdage topper alle i morgentimen omkring kl. 6:30. Derudover har onsdage og fredage hhv. større spredning omkring kl. 5 samt i tidsrummet mellem kl. 18 og kl. 19. Dertil skal nævnes, at spredningen af data på torsdage varierer mere kl. 13, jf. bilags-cd'en.

Den sidste linie i retning mod Sundbyvester Plads viser, at rejsetiderne følger hinanden med fælles spidstidspunkt omkring kl. 15. Der ses nogle store variationer i spredningen af data henover ugen, men der kan ikke drages nogen entydige konklusioner. Tirsdage og fredage varierer mere end de øvrige dage, mens torsdage har størst spredning omkring kl. 5, jf. bilags-cd'en. Endvidere er der stor variation på spredningen ved mandage.

7.2.2 ANALYTISK STATISTIK

Analyseres delstrækningen Frederikssundsvej i retning mod Husum Torv bemærkes det ikke overraskende, at fredage varierer signifikant fra de øvrige hverdage i tidsrummet fra kl. 12 til kl. 14, jf. Bilag 3 Variation i rejsetid. Tilsvarende kan det ses, at torsdage varierer signifikant i godt to timer efter kl. 14. At rejsetiderne på fredage topper tidligere er sammenfaldende med de tendenser, som den deskriptive statistik afbilder. Dette skyldes sandsynligvis den øgede pendling mellem arbejde og hjem i dette tidsrum og i denne retning ud af byen, jf. Afsnit 7.2.1 Deskriptiv statistik.

Det fremgår af bilags-cd'en, at der ikke er nogen entydige tendenser i gennemsnitlige rejsetider, når delstrækningen i retning fra Husum Torv til Nørrebro Station betragtes. Kun enkelte dage såsom mandage og fredage varierer signifikant i enkelte tidsrum. Det ses bl.a. at fredag varierer signifikant i forhold til de øvrige dage efter kl. 20, hvilket evt. kan ses i lyset af, at unge personer pendler ind mod København i løbet af aftenen. Resultaterne fra de analytiske analyser er igen sammenfaldende med de analyser den beskrivende statistik afbilder, jf. Afsnit 7.2.1 Deskriptiv statistik.

Betragtes hele linien i retning fra Sundbyvester Plads til Husum Torv kan det konkluderes, at fredage adskiller sig signifikant fra de øvrige hverdage i bestemte tidsrum, jf. bilags-cd'en. Den gennemsnitlige rejsetid er signifikant forskellig fra kl. 11.30 til kl. 13.30. Torsdage varierer i øvrigt fra mandag til onsdag i tidsbåndet fra kl. 13 til kl. 13.30, hvilket kunne skyldes den store spredning i data, i netop dette tidsrum, jf. Afsnit 7.2.1 Deskriptiv statistik. Yderligere ses det, at mandage varierer signifikant i tidsbåndet fra kl. 14.30 til kl. 15, hvilket er sammenfaldende med de resultater, der afbildes af den beskrivende statistik, jf. Afsnit 7.2.1 Deskriptiv statistik. Som det er tilfældet med delstrækningen i retning fra Husum Torv til Nørrebro Station kan det ses, at fredages rejsetider om aftenen er signifikant højere end de øvrige hverdage, hvilke igen kan skyldes at yngre personer pendler ind til København i løbet af aftenen. At fredage topper omkring to timer tidligere end andre hverdage er sammenfaldende med de resultater, der findes ved den beskrivende statistik.

Som det var tilfældet med delstrækningen i samme retning mod sydøst, bemærkes ingen entydige tendenser i gennemsnitlige rejsetider mellem hverdagene, når linien i retning mod Sundbyvester Plads betragtes, jf. bilags-cd'en. For hele linien er det kun enkelte dage såsom mandage, tirsdage og fredage der varierer signifikant. F.eks. afviger rejsetiderne signifikant på tirsdage i tidsrummet fra kl. 10 til 11.30 og fredage i tidsrummene fra kl. 12 til 13.30 og fra kl. 17 til kl. 17.30. Derudover afviger mandage i et tidsbånd fra 15.30 til kl. 16, jf. bilags-cd'en.

7.2.3 OPSUMMERING PÅ ANALYSERNE AF REJSETIDERNE

Ønsket med analysen af variationen i rejsetiden var, at Movia kunne få en metode der kunne benytte på vilkårlige strækninger og på baggrund af denne danne sig et overblik over, hvor køreplantiderne med fordel kunne tilpasses. Tabel 8 og tabel 9 opsummerer resultaterne fra undersøgelsen.

I forhold til den pågældende linie 5A, kan der ikke konkluderes nogen egentlige tendenser, der kunne tale for selvstændige køreplaner fra mandag til fredag. Ikke desto mindre kan der i en bestemt retning og i et bestemt tidsrum konkluderes, at køreplantiderne skulle være anderledes for fredage. I retningen mod Husum Torv kunne der med fordel opereres

Undersøgelse af variationen

med forskellige køreplantider i tidsrummet fra kl. 12 til kl. 14. På baggrund af kapitlet kan det dermed anbefales, at Movia burde operere med forskellige køreplantider for linie 5A i nordvestlig retning mod Husum Torv på fredage i tidsrummet fra kl. 12 til kl. 14.

Karakteristika	Delstrækning mod Husum Torv	Delstrækning mod Nørrebro Station
Mandage		Tidsbånd 14:30;14:59
Tirsdage		
Onsdage	Tidsbånd 15:00;15:29	
Torsdage	Tidsbånd 14:00;14:29	
Fredage	Kl. 12 til kl. 14	Tidsbånd 18:00;18:29, kl. 20 til kl. 24

Tabel 8. Opsummering af analyserne på delstrækningen Frederikssundsvej, jf. bilags-cd'en.

Karakteristika	Linien mod Husum Torv	Linien mod Nørrebro Station
Mandage	Tidsbånd 14:30;14:59	Tidsbånd 15:30;15:59
Tirsdage		Kl. 10 til kl. 11:30
Onsdage		
Torsdage	Tidsbånd 13:00;13:29	
Fredage	Kl. 11:30 til 13:30, kl. 20 til kl. 24	Kl. 12 til kl. 13:30, tidsbånd 17:00;17:29

Tabel 9. Opsummering af analyserne fra Sundbyvester Pl. til Husum Torv, jf. bilags-cd'en.

I det efterfølgende kapitel vil spørgsmålet stillet i Kapitel 5 Problembeskrivelse blive besvaret. Analyserne i dette kapitel og metoden hertil, omhandler nemlig ikke konkret den pågældende opgave, da kun de faktiske rejsetider bliver taget i betragtning. For at kunne besvare problemformuleringen, må også de planlægningsmæssige rejsetider tages i betragtning i afgørelsen af, i hvor høj grad rejsetiderne i køreplanerne kan optimeres.

8 REDSKAB TIL OPTIMERING

Forrige kapitel beskrev variationen af rejsetiden og spredningen henover hverdagsdøgnet mandage til fredage samt hverdagene imellem, jf. Kapitel 7 Undersøgelse af variationen. Ønsket med undersøgelsen var en indikation af, om der var behov for forskellige køreplaner på de pågældende hverdage, hvilket var tilfældet for fredage i nordvestlig retning mod Husum Torv indenfor tidsrummet kl. 12 til kl. 14. Derudover må det nævnes, at resultaterne ikke var entydige og generelle tendenser i rejsetiden ikke kunne spores. Metoden er imidlertid interessant i sig selv, da undersøgelsen af variationen giver et generelt indblik i fremkommeligheden og rejsehastigheden på de linier, Movia senere ønsker undersøgt.

Selve opgaven, som blev stillet i Kapitel 5 Problembeskrivelse omhandler dog ikke variationen, men hvordan der kan udfærdiges en metode, hvortil Movia kan få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden. Dermed er det nødvendigt ikke kun at have kendskab til de faktiske rejsetider, som blev benyttede i forrige kapitel men også de rejsetider, der planmæssigt er lagt ind i køreplanerne.

Dette kapitel vil undersøge muligheden for optimering af rejsetiden i køreplanerne, ved at sammenholde de planlægningsmæssige rejsetider med de faktiske. Hidtil er ordet metode anvendt i projektet, hvilket netop svarer til opgavens spørgsmål. I det følgende vil ordet model i stedet indgå, idet Movia ikke kun får en metode men yderligere et konkret redskab, hvortil der kan indføres nye GPS-data fra andre linier.

8.1 METODE

Som det er beskrevet i Kapitel 6 Optimering af køreplantider, er tanken at foretage en statistisk sammenligning mellem forholdet af planlagt og faktisk rejsetid, så Movia ud fra statistiske mål har mulighed for at justere i køreplanerne. I det omfang, der registreres en signifikant forskel mellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider, er det herefter ideen, at køreplanen tilpasses ved:

- At reducere rejsetiden på de strækninger og i tidsbånd, hvor beregningen viser et overskud af rejsetid
- At udvide rejsetiden i begrænset omfang på strækninger og i tidsbånd, hvor beregningerne viser et underskud af rejsetid
- At justere opholdstiden ved endestationen, således en del af reduktionen i rejsetiden på linien placeres som buffer her

Redskab til optimering

Det er vurderet tilstrækkelig, at modellen alene tager udgangspunkt i delstrækningen på Frederikssundsvej fra Nørrebro Station til Husum Torv. Dette skyldes primært, at projektet er en screening og ikke ”egentlige” analyser af resultaterne. Projektets hovedformål er udviklingen af et redskab, og i denne sammenhæng er det metoden til udarbejdelse af modellen, der er væsentlig. Derudover kan det nævnes, at antallet af registrerede rejserapporter stort set er ens for såvel delstrækningen som hele linien fra Sundbyvester Plads til Husum Torv, jf. Kapitel 7 Undersøgelse af variationen. Det kan groft antages, at rejsetiderne er mere ”korrekte”, da strækningens længde er væsentligt kortere, hvilket medfører, at sandsynligheden for afvigelser i rejsetiden bliver mindre.

Der foretages derimod samme tidsmæssig afgrænsning som undersøgelsen af variationen, hvilket betyder, at tidsrummet fra kl. 4:00 til kl. 24:00 fra den 1. november til den 30. november 2008 betragtes. I stedet for kun at se på halvtimes bånd, betragtes hver enkelt rejserapport fra de respektive busser. Derved vil der være mulighed for enten at opbygge modellen over tidsbånd eller plantider, hvor plantider dækker over hvilket tidspunkt, køreplantiderne skifter karakter evt. fra 16 min. til 17 min. jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Det skal yderligere bemærkes, at rejsetiden opgøres på sekunder. Følgende afgrænsning er udvalgt til at omhandle:

- 1. november 2008 til den 30. november 2008
- Tidsrummet fra kl. 4:00 til kl. 24:00
- Der analyseres på hver enkelt rejserapport
- Delstrækning på Frederikssundsvej Nørrebro St. til Husum Torv

Metoden til optimering af rejsetiderne i køreplanerne vil, som det var tilfældet med undersøgelsen af variationen, blive foretaget på baggrund af data fra ABIT-systemet.

8.1.1 DATAGRUNDLAGET

For at afdække muligheden for at optimere i køreplantiderne, er det nødvendigt med kendskab til de planlægningsmæssige og faktiske rejsetider for hver enkel bus på et givet tidspunkt af døgnet, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Yderligere er det nødvendigt at eksportere oplysninger om plantider fra ATP til Excel. Som beskrevet i forrige afsnit dækker disse tider over, hvornår de planlagte rejsetider skifter værdi i køreplanen.

Idet der for delstrækningen ønskes samme dataudtræk som ved undersøgelsen af variationen, kan det totale antal af registreringer fra Nørrebro Station til Husum Torv og i modsat retning mod Nørrebro Station opgøres til hhv. 3.456 og 4.117 målinger. Dataene for delstrækningerne er ligeledes ”renset” for samme antal ture, og dermed er frasorteringen af data den samme, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider.

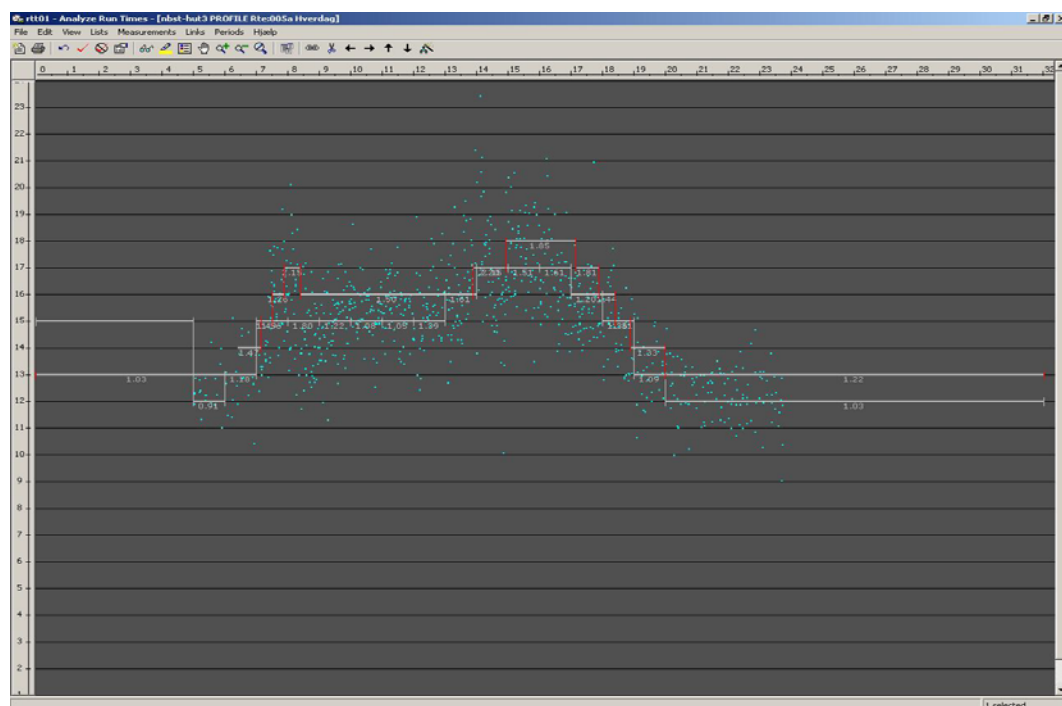
8.1.2 BEREGNING AF KONFIDENSINTERVALLER

Fremgangsmåden minder til dels minder om den, der er anvendt i Kapitel 7 Undersøgelse af variationen. Der foretages Eyeball tests på baggrund af udregnede konfidensintervaller og ud fra disse, kan det afgøres i hvor stor grad, der er forskel mellem planlagt og faktisk rejsetid, jf. bilags-cd'en. Konfidensintervallerne udregnes ved formelen:

$$\text{konfidensinterval} = \text{middelværdi} \pm \text{antal data relateret til konfidensniveauet} \times \text{standard afvigelse}$$

Mens undersøgelsen i Kapitel 7 Undersøgelsen af variationen, tog udgangspunkt i den middelværdi og de spredninger, der var ud fra faktisk rejsetid, finder modellen middelværdien og spredningen ud fra differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid, jf. bilags-cd'en. Der anvendes samme signifikantniveau α , hvilket tidligere blev fastlagt til 0,1 svarende til, at sandsynligheden for et rigtigt svar er 90 pct. Konfidensintervallerne er altså det interval, hvori køreplanlæggere med $(1 - \alpha)$ pct. sandsynlighed vil finde de enkelte rejsetider indenfor.

Figur 15 repræsenterer det output fra ATP, som modellen bygger på, og den giver ligeledes en grafisk illustration af fremgangsmåden. Den røde kurve angiver den planlagte rejsetid og den grå kurve viser den faktiske gennemsnitlige rejsetid for de enkelte busser. Det fremgår af spændet imellem kurverne, at der for torsdage i retning mod Husum Torv er et overskud af rejsetid, jf. figur 15.



Figur 15. Rejsetider torsdage på Frederikssundsvej i retning mod Husum Torv, jf. bilags-cd'en.

8.1.3 HELTIMER ELLER PLANTIDER

Det skal afgøres hvilket tidsrum, modellen skal opbygges over. Idet dataudtrækket indeholder oplysninger om hver enkelt rejserapport i den pågældende måned, er der mulighed for både at foretage beregninger af tidsbånd og plantider defineret ud fra køreplanerne (evt. heltimesbånd fra kl. 6 til kl. 7 eller plantiderne 6:25 til 7:10). I forhold til tidsbåndene kan disse opgøres på kvarters- halvtimes- eller heltimes bånd.

På baggrund af opgavens karakter, er det imidlertid vurderet vigtigst at opnå information om forskellen imellem faktisk og planlagt rejsetid defineret ved køreplanerne. Det skal dog nævnes, at modellens statistiske korrekthed vil blive større, hvis den blev opbygget ved f.eks. heltimes bånd. Opgøres middelværdier og spredning og dermed konfidensintervallerne på heltimes bånd, opnås størrelser af data i de enkelte tidsbånd, som i højere grad vil være lige store og over 25, hvilket bl.a. ses af beregningerne i bilags-cd'en. Dette er en fordel i forhold til de krav, der ligeledes blev stillet til normalfordeling og varians-homogenitet i Kapitel 7 Undersøgelse af variationen.

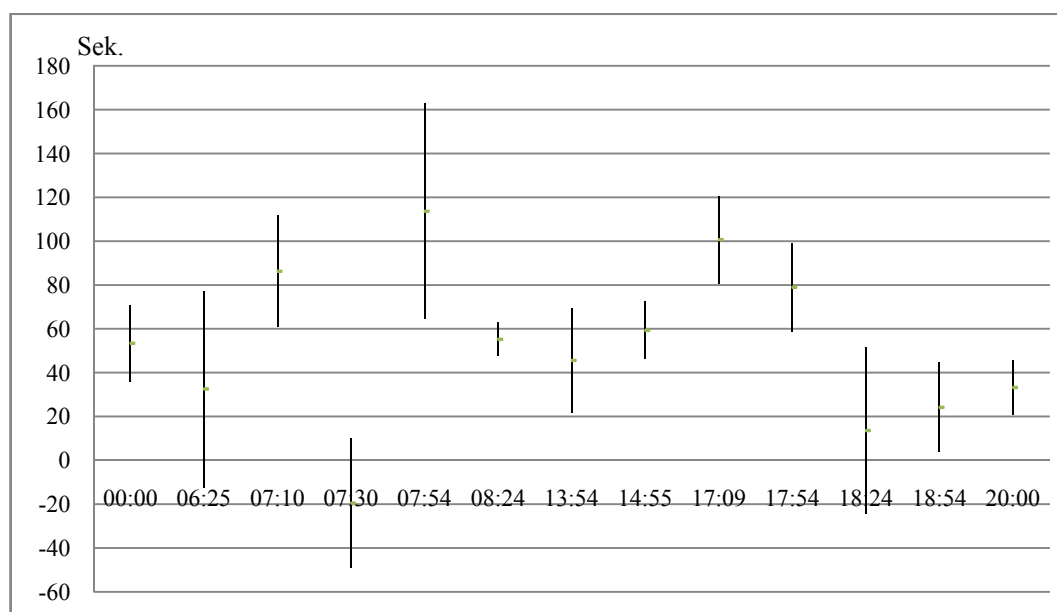
Kravene til normalitet og varianshomogenitet vil oftere være opfyldt ved heltimes bånd, end det er tilfældet, når modellen opgøres på plantider. Dette kan illustreres ved, at plantiderne i morgenspidstimen i retning fra Nørrebro Station til Husum Torv ofte skifter karakter (6:25, 7:10, 7:30, 7:54, 8:24). Derefter er der meget stort "tidsgab", før køreplantiderne igen skifter karakter (13:54, 14:55, 17:09). Dermed bliver antallet af data væsentligt forskelligt, hvilket resulterer i forskellige størrelser på konfidensintervallerne, som yderligere nedsætter resultaternes pålidelighed.

Når modellen alligevel opgøres ved plantider, sker det ud fra en betragtning af, hvad der konkret ønskes analyseret – i dette tilfælde optimering af rejsetiderne bestemt i køreplanerne, jf. figur 16. Derfor kan plantider med fordel anvendes, men det er nødvendigt at kende til svaghederne i modellen (Madsen, 2009). Det er altså vigtigt, når modellen anvendes til at analysere på køreplantider, at have datastørrelsen i mente. Er eksempelvis konfidensintervallerne omkring middelværdierne meget store, kan det alene skyldes, at datastørrelsen er meget lille, hvorefter der skal få afvigelser til, før spredningen og derved konfidensintervallerne bliver store. Færre data vil derfor nedsætte pålideligheden til konklusioner, der kan drages på baggrund af resultaterne.

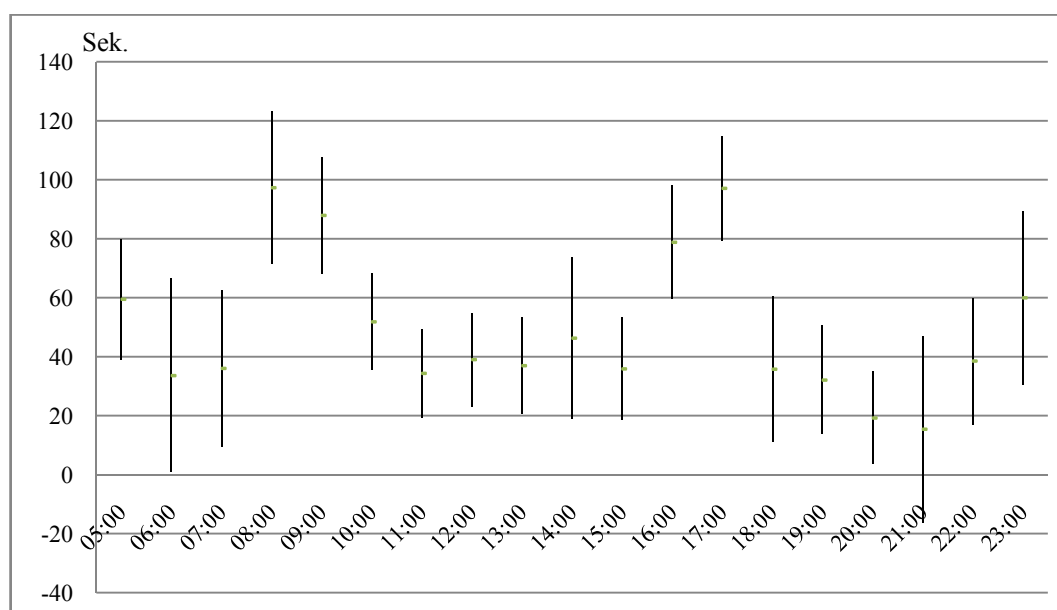
Skulle Movia alligevel have interesse i, hvordan forholdet mellem de planlægningsmæssige og faktiske rejsetider opgjort på heltimes bånd tager sig ud, er beregninger opgjort på heltimes bånd stadig foretaget på linie 5A, jf. bilags'cd'en. Udover en større statistisk korrekthed kan det endvidere tilføjes, at heltimes båndene giver en mere præcis beskrivelse af forskellen i kørselsmønsteret. Dette skyldes, at det er muligt at se, i hvilket tidsrum der er forskel i rejsetiderne, altså hvor "det går galt", jf. figur 17.

Figur 16 og figur 17's eksempler på modellens resultater ved anvendelse af hhv. plantider og heltimes bånd, for mandage i retning fra Nørrebro Station til Husum Torv, afbilder derved det samme resultater men med forskellige vurderinger tilknyttet.

For både figur 16 og figur 17 kan det vurderes i hvilken grad, der er forskel på middelværdien mellem faktisk og planlagt rejsetid. Yderligere angiver konfidensintervallernes øvre og nedre grænseværdier, sandsynligheden for hhv. første og sidste bus' ankomst. Forskellen heri er altså den mertid (eller førtid), som er langt til køreplanen.



Figur 16. Resultatet for mandage i retning fra Nørrebro St. til Husum Torv, jf. bilags-cd'en.



Figur 17. Resultatet for mandage i retning fra Nørrebro St. til Husum Torv, jf. bilags-cd'en.

8.2 ANALYSE AF FORSKELLEN I REJSETIDERNE

I det følgende gives en vurdering af resultaterne af forskellen imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider på delstrækningen Frederikssundsvej. Vurderingen tager udgangspunkt i de grafer, der er præsenteret i Bilag 4 Optimering af rejsetider, og resultaterne er særskilt opgjort på de to retninger fra Nørrebro Station til Husum Torv samt fra Husum Torv til Nørrebro Station. Som det tidligere er beskrevet i Kapitel 7 Undersøgelse af variationen, er formålet med projektet at opstille en metode, hvortil Movia kan foretage systematiske analyser af forskellen i rejsetider. Derved er det ikke resultatet, der er essentielt, men resultaterne er stadig interessante, da de giver en indikation af, hvordan forholdet kan se ud.

Den optimale rejsetid imellem de faktiske og planlagte rejsetider vil være i de situationer, hvor der ikke kan registreres en signifikant forskel, altså i de tilfælde, hvor differencen er lig nul. Dette er dog ikke ensbetydende med optimal rejsetid generelt, idet de planlagte rejsetider ikke nødvendigvis repræsenterer en ideel situation. Til vurdering af den konkrete optimale rejsetid kan undersøgelsen i Kapitel 7 Undersøgelse af variationen med fordel anvendes, idet de gennemsnitlige rejsetider fundet i undersøgelsen bygger på et stort datagrundlag, hvor samtlige pålidelige rejserapporter er medtaget. Ved analyserne herunder, foretaget på baggrund af modellen til optimering af køreplantider, vil Movia opnå kendskab til, om de kan få rejsetider, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden, som efterspurgt i Kapitel 5 Problembeskrivelsen.

Det skal nævnes, at det er væsentligt at have størrelsen af spredningen i betragtning, når differencen imellem faktiske og planlagte rejsetider vurderes. En stor spredning kunne indikere et problem i forhold til de data, som følgende vurdering bygger på. Eksempelvis kunne antallet af data i det enkelte datasæt være lille og ikke opfylde de krav, der stilles til parametriske middelværditests. Pålideligheden til resultaterne vil derfor blive mindre. Størrelsen på et konfidensinterval kan godt indikere en stor spredning, men det er ikke nødvendigvis altid tilfældet, jf. Afsnit 8.1.2 Beregning af konfidensintervaller. Eksempelvis kan et meget lille konfidensinterval have en forholdsvis stor spredning og omvendt. Det er størrelsen på datasættet, der afgør, om dette er tilfældet.

Udover at undersøge indenfor hvilken plantid køreplantiderne kan optimeres, kan resultaterne desuden vurderes i forhold til retlighed og regularitet. Disse parametre blev forsøgt indarbejdet i en kontrakt med busentreprenøren Arriva tilbage i 2005, som et forsøg på at sætte fokus på vigtigheden i, at busserne ankommer og afgår til tiden samt, at frekvensen opretholdes på det niveau, som Movia stiller kunden i udsigt, jf. Afsnit 8.2.4 Regularitet og retlighed. Kravene til regularitet og retligheden, som imidlertid aldrig kom til at indgå i kontrakten med Arriva, vil blive vurderet i forhold til resultaterne fra linie 5A.

8.2.1 FORSKEL I REJSETID I RETNING MOD HUSUM TORV

Når forskellen imellem faktiske og planlagte rejsetider på Frederikssundsvej i retning fra Nørrebro Station til Husum Torv analyseres, kan det generelt konstateres, at busserne ankommer før den, i køreplanen, anviste tid, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Det lader altså til, at potentialet for at optimere i rejsetiden er meget stort, hvilket er overraskende taget i betragtning af, at strækningen er en større indfaldsvej til København, hvor der især i eftermiddagstimerne forventes stor trængsel.

Betragtes mandage i den pågældende måned bemærkes det, at kun plantiden 7:30 ligger på et niveau, hvor der ses forsinkelser. Middelværdien ligger godt 20 sek. under optimal rejsetid, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Derudover findes plantiderne 6:25 og 18:24, hvor middelværdierne ligger over optimal rejsetid, men hvor nedre grænseværdi i begge tilfælde ligger under differencen nul. Disse tilfælde, er altså den laveste værdi på konfidensintervallet, hvor det med 90 pct. sandsynlighed kan siges, at rejsetiderne ligger indenfor. Plantiderne 7:10, 7:54 og 17:09 adskiller sig væsentligt fra de øvrige plantider ved at have middelværdier, der ligger væsentligt over differencen nul. Det skal dog nævnes, at spredningen er væsentligt større i plantiden 7:54, hvor der netop ses tilsvarende store afvigelser imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider, jf. bilags-cd'en. Yderligere er spredningen i plantiderne 6:25 og 18:24 større end de øvrige plantider og ligeledes kan det konstateres, at størrelsen af datasæt er mindst i plantiderne 6:25, 7:10, 17:54 og 18:24, som det til dels også er tilfældet de øvrige hverdage, jf. bilags-cd'en.

På tirsdage ligger samtlige middelværdier over differencen nul, og derfor kan det konstateres, at køreplantiderne heri skal strammes op. Der findes kun plantiden 0:00 hvori nedre grænseværdi ligger under differencen på nul, hvilket ses ved at konfidensintervallets laveste værdi er knap -20 sek. jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Som det var tilfældet med mandage er det igen ved plantid 7:54, hvor der registreres størst middelværdi. Spredningen imellem hverdagene varierer ikke så meget som ved mandage. De mindste datasæt findes ved plantiderne 6:25, 7:10, jf. bilags-cd'en.

Resultaterne fra onsdage synes umiddelbart at ligne billedet for mandage, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Generelt ses det, at potentialet i reducere af rejsetiden er stor i hovedparten af plantiderne henover døgnet. Betragtes de tilfælde, hvor middelværdien er mindst, ses det, at plantiderne er mindst for 6:25, 7:30 og 18:54, hvilket til dels også er tilfældet for mandage. I øvrigt bemærkes det, at størst forskel imellem faktisk og planlagt rejsetid findes for plantid 7:54. I modsætning til de øvrige hverdage findes der ikke bestemte plantider, hvor spredningen er markant større end andre, jf. bilags-cd'en.

Iagttages torsdage kan det generelt konstateres, at mulighederne for reducere i køreplantiden er gode, men de er knap så gode som hverdage mandage til onsdage, jf. Bilag

Redskab til optimering

4 Optimering af rejsetider. De største potentialer findes ved plantiderne 7:54, 14:55 og 17:09. Igen ses det, at plantid 7:30 har laveste middelværdi og dens laveste værdi på konfidensintervallet findes i ca. -30 sek. Derudover adskiller plantid 13:54 sig fra de øvrige hverdage mandag til onsdag, idet forskellen imellem de planlægningsmæssige og faktiske rejsetid er lavere, og samtidig er nedre grænseværdi placeret under differencen nul. Det bemærkes, at størst spredning findes ved plantiderne 7:54, 13:54 og 14:55, jf. bilagscd'en. Yderligere kan det nævnes, at de mindste datasæt findes ved plantiderne 6:25, 7:10, 17:54 og 18:24.

Der findes igen et stort potentiale i reducere af køreplantiderne, når resultaterne for fredag analyseres. Største difference imellem rejsetiderne findes senere på eftermiddagen ved plantid 14:55, 17:09, og 17:54, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Yderligere vurderes potentialet for reducere stort i plantid 7:54. Der ses et noget anderledes billede af forholdet imellem faktisk og planlagt rejsetid, når plantid 8:24 og 13:54 betragtes. I forhold til de øvrige hverdage er der om fredagen ikke længere et stort potentiale i reducere af rejsetid i disse plantider, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Samtidig skal det nævnes, at plantid 8:24 har væsentligt større spredninger rejsetiderne imellem, jf. bilagscd'en. Desuden er spredningen tilsvarende stor for plantid 17:54.

8.2.2 FORSKEL I REJSETID I RETNING MOD NØRREBRO STATION

Det må generelt konstateres, at potentialet i reducere af rejsetid i køreplanerne ikke er så stort, som det var tilfældet for retningen fra Nørrebro Station mod Husum Torv. I enkelte situationer påpeger resultaterne endda, at der er behov for udvidelse af rejsetiden i køreplanen, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. På trods af dette, er der dog alligevel en tendens til, at busserne ankommer tidligere end den i køreplanen anviste tid. Trængslen forventes størst i morgentimerne, som følge af øget pendling ind til København og centralkommunerne omkring. Dette afspejles til dels også af resultaterne, da busserne ankommer senere end den i køreplanen anviste tid.

For mandage bemærkes det, at de største potentialer for reducere af køreplantiden, findes i morgentimerne ved plantiderne 6:30, 6:51, 7:00 og 7:30, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Ifølge resultatet for plantid 16:49 er forskellen i rejsetiden her så negativt stor, at køreplantiden skal udvides væsentligt. Middelværdien ligger mere end 60 sek. under differencen på nul og tilsvarende er konfidensintervallet så stort, at nedre grænseværdi ligger godt 120 sek. under optimal rejsetid. Det er dog værd at bemærke, at køreplanen opererer med nogle forholdsvis korte plantider for 6:22, 6:30, 6:51, og netop 16:49, hvilket nedsætter pålideligheden til resultatet. Datasættets størrelse for plantiderne 6:22, 6:51 og 16:49 er især så lille, at køreplanlæggere skal være påpasselige med at vurdere resultatet af rejsetid alene uden tilknytning til spredningens og konfidensintervallets størrelse. Konfidensintervallet for plantiderne 6:22 og 16:49 er i særlig grad stort.

Betragtes tirsdage er billedet et andet. Det ses, at rejsetiderne for plantiderne 6:30, 6:51 og 20:00 kan reduceres, men ellers ligger forskellen i plantiderne ved 0:00, 7:30, 16:49, 17:00 og 19:00 på et niveau, hvor der umiddelbart skal tales for en udvidelse af rejsetiderne i køreplanen, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Som det var tilfældet for mandage skal vurderinger af resultatet for plantiderne 6:22, 6:30, 6:51, og 16:49 tages med et vist forbehold. Yderligere skal det nævnes, at de største spredninger findes for plantiderne 7:00, 7:30, 14:19 og 19:00. Konfidensintervallet omkring plantid 19:00 er i særlig grad stort, hvilket skyldes det forholdsvist lave antal data, jf. bilags-cd'en.

På onsdage synes potentialet for reducere af rejsetiden i køreplanen at være lidt større, end det var tilfældet for tirsdage, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Generelt er der en tendens til, at plantiderne har middelværdier, der ligger over differencen nul, hvilket indikerer et behov for reducere i rejsetiden. Plantiderne 6:51 og 16:49 adskiller sig dog ved hhv. at være væsentlige større og mindre, men igen skal resultatet tages med forbehold, da antallet af data er meget mindre, end det er tilfældet ved de øvrige plantider, jf. bilags-cd'en.

På torsdage er der størst mulighed for reducere i rejsetiden i plantiderne 6:51, 7:00, 7:30, 14:19 og 20:00, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Der er derimod behov for udvidelse af rejsetiden i plantiderne 0:00, 16:49, 17:00 og 19:00. I modsætning til de øvrige hverdage findes der ikke bestemte plantider, hvor spredningen er markant større end andre, men som det er tilfældet med de øvrige hverdage, er datasættene for plantiderne 6:22, 6:30, 6:51, og 16:49 meget begrænsede, jf. bilags-cd'en.

Iagttages fredage bemærkes det, at reduktioner i rejsetiden er størst i de tidligere morgentimer ved plantiderne 6:30, 6:51 og 7:00. Yderligere findes der et potentiale ved plantid 14:19. Der er behov for udvidelse af rejsetiden i køreplanen i de senere plantider ved 17:00, 19:00 og 20:00, jf. Bilag 4 Optimering af rejsetider. Ligeledes ses, at busserne generelt ankommer senere end de i køreplanen anviste rejsetider for plantiderne 0:00 og 8:49. Det fremgår af bilags-cd'en, at de største spredninger i forholdet imellem faktisk og planlagt rejsetid findes ved plantiderne 7:30, 19:00.

8.2.3 OPSAMLING AF RESULTATERNE FOR DE TO RETNINGER

Det fremgår af forrige afsnit, at potentialet for reducere af rejsetiden i køreplanerne for delstrækningen på Frederikssundsvej er størst i retning væk fra København fra Nørrebro Station til Husum Torv. Det skal i denne sammenhæng nævnes, at resultatet kunne have vist sig at være en anden, hvis f.eks. hele linien eller en større delstrækning end den valgte var analyseret. Når det generelt kan konstateres, at der er mulighed for reducere i køreplantiden, skal det tages med det forbehold, at strækningen ikke er længere end godt 4,5 km. Ikke desto er potentialet der, hvilket i øvrigt er spændende i forhold til den udfor-

Redskab til optimering

dring, som Movia står overfor på strækningen. De ønsker et højklasset kollektivt trafiknet, men det kunne tyde på, de allerede har det, hvis de bare får optimeret køreplantiderne på baggrund af resultaterne fundet i dette projekt.

Opsummeringen af, indenfor hvilken plantid, hvor potentialet for reduktionen hhv. er størst og mindst i de to pågældende retninger, fremgår af tabel 10 og tabel 11.

	<i>Større potentiale</i>	<i>Note vedr. spredning og observationsstørrelse</i>
<i>Mandage</i>	7:10, 7:54, 17:09	Større spredning 7:54, mindre data 7:10
<i>Tirsdage</i>	Generelt stort	Mindre data 6:25 og 7:10
<i>Onsdage</i>	7:10, 7:54, 14:55, 17:09	Mindre data 6:25 og 7:10
<i>Torsdage</i>	7:54, 14:55, 17:09	Større spredning 7:54, 13:54, 14:55, mindre data 6:25, 7:10, 17:54, 18:24
<i>Fredage</i>	7:54, 14:55, 17:09, 17:54	Stor spredning 8:24, 17:54
	<i>Mindre potentiale</i>	<i>Note vedr. spredning og observationsstørrelse</i>
<i>Mandage</i>	6:25 7:30 18:24	Se overstående
<i>Tirsdage</i>	00:00	Se overstående
<i>Onsdage</i>	6:26 7:30 18:54	Se overstående
<i>Torsdage</i>	7:30 13:54	Se overstående
<i>Fredage</i>	8:24 13:54	Se overstående

Tabel 10. Opsummering af analysen i retning mod Husum Torv, jf. bilags-cd'en.

	<i>Større potentiale</i>	<i>Note vedr. spredning og observationsstørrelse</i>
<i>Mandage</i>	6:30, 6:51, 7:00, 7:30, 14:19	Mindre data 6:22, 6:51, 16:49
<i>Tirsdage</i>	6:30, 6:51, 20:00	Større spredning 7:00, 7:30, 14:19, 19:00, mindre data 6:22, 6:30, 6:51, 16:49
<i>Onsdage</i>	6:51, 7:00	Større konfidensinterval 6:51 16:49
<i>Torsdage</i>	6:51, 7:00, 20:00	Mindre data 6:22, 6:30, 6:51, 16:49
<i>Fredage</i>	6:30, 6:51, 7:00, 14:19	Større spredning 7:30, 19:00, større konfidensinterval 6:22, 6:51, 16:49
	<i>Mindre potentiale</i>	<i>Note vedr. spredning og observationsstørrelse</i>
<i>Mandage</i>	0:00, 8:49, 16:49	Se overstående
<i>Tirsdage</i>	0:00, 7:30, 8:49, 16:49, 17:00	Se overstående
<i>Onsdage</i>	0:00, 8:49, 16:49	Se overstående
<i>Torsdage</i>	0:00, 16:49, 17:00, 19:00	Se overstående
<i>Fredage</i>	0:00, 8:49, 17:00, 19:00, 20:00	Se overstående

Tabel 11. Opsummering af analysen i retning mod Nørrebro Station, jf. bilags-cd'en.

8.2.4 RETTIGHED OG REGULARITET

I forbindelse med den kontraktaftale Movia indledte med busentreprenøren Arriva i 2005 for linie 2A, blev der indgået en særlig aftale om rettighed og regularitet (Movia, 2008c). Kravene i aftalen, som var et forsøg på at sætte fokus disse to parametre, kom imidlertid aldrig til at virke efter hensigten, idet det tidligere HUR efter indgåelsen havde problemer med at sikre den nødvendige datakvalitet.

Bussernes rettighed og regularitet, beskriver de tidsrum på døgnet, hvor der ifølge den publikumsvendte køreplan hhv. er lovet en afgangstid på et fast minuttal og et minuttinterval mellem busserne. I forhold til rettigheden undersøges det, om den enkelte bus kører for tidligt fra afgangsstoppestedet (større end 15 sek.) eller kommer for sent til ankomststoppestedet (større end 120 sek.). Er busserne ikke kørt for tidligt fra stoppestedet eller ankommet for sent til ankomststoppestedet, anses bussen for værende rettidig. Regulariteten defineres som tidsafstanden mellem to bussers ankomst ved et stoppested i forhold til den i køreplanen forventede tidsafstand på den pågældende lokalitet til den pågældende tid. God regularitet defineres til at være, når tidsafstanden mellem bussernes ikke overstiger 90 sek. til den i køreplanen forventede tidsafstand. (Movia, 2009g)

På trods af kravene ikke blev indført i kontrakten, har de stadig stor relevans, og derfor vil kravet til rettigheden i det efterfølgende blive vurderet i forhold til resultaterne fra linie 5A. Da dette projekt tager udgangspunkt i differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid, er det netop rettigheden, som er interessant. Det anbefales imidlertid, at regulariteten undersøges i et andet projekt, jf. Kapitel 9 Vurdering og anbefalinger.

RETTIGHED PÅ LINIE 5A

Generelt må det tilskrives, at busserne i retning mod Husum Torv ankommer så tidligt, at det formodes, at bussernes overskrider deres grænse ved for tidlig afgang på respektive stoppesteder langs delstrækningen, jf. Afsnit 8.2.1 Forskel i rejsetid i retning mod Husum Torv. Dette er gældende for alle hverdage mandage til fredage. Billedet synes at være anderledes i retningen mod Nørrebro Station, idet der ses flere forsinkelser, jf. Afsnit 8.2.2 Forskel i rejsetid i retning mod Nørrebro Station. Disse er dog ikke så store, at det formodes, at busserne ikke overholder kravene til senest afgang 120 sek. efter planlagt afgangstid. Ved de plantider, hvor busserne ankommer før den planlagte tid, kan der i øvrigt tilknyttes en formodning om, at busserne ikke overholder kravet til for tidlig afgang på stoppestederne langs strækningen.

I det efterfølgende Kapitel 9 Vurdering og anbefalinger, vil det blive vurderet i hvor stor grad den udarbejdede model opfylder de betingelser, der blev stillet til den i Kapitel 6 Optimering af køreplantider. Fordele og svagheder vil ligeledes blive præsenteret, idet det er vigtigt at vide hvad, modellen kan og i særlig grad, hvad den ikke kan.

9 VURDERING OG ANBEFALINGER

Movia peger selv på, at de i dag har et problem, når nye køreplaner planlægges og udarbejdes. Trafikselskabets manglende metode og redskab til systematiske analyser af det informationsmæssige store datagrundlag medfører, at køreplaner udarbejdes forskelligt fra køreplanlægger til køreplanlægger. Derfor har Movia interesse i og efterspørger et redskab, de kan anvende i forbindelse med planlægningen af køreplaner. Redskabet skal gøre det muligt at optimere de rejsetider, som køreplanerne opererer med i dag og via redskabet, skal det være muligt at planlægge køreplanerne, så rejsetiden er i bedre overensstemmelse med virkeligheden.

Metoden hertil skal yderligere gøre det muligt for Movia at præsentere og orientere busentreprenørerne om bussernes faktiske rejsetider. Dette vil være en klar forbedring i forbindelse med planlægningen, da Movia via redskabet konkret kan fortælle entreprenørerne om dagens faktiske situation, og herved ”stramme” op i køreplantiderne, hvis der skulle være behov for det. At Movia med redskabet kan få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden, vil endvidere øge pålidelighed til den publikumsvendte køreplan, som passagererne i særlig grad vægter højt. Dermed kan det forventes, at Movias økonomiske resultatet bliver bedre i takt med øget passagertal. Dette kapitel vil følge op på, om den udviklede model beskrevet i Kapitel 8 Redskab til optimering, udfører den opgave som overstående afsnit beskriver, og som indledende blev stillet.

9.1 VURDERING AF MODELLEN

Hovedformålet i dette projekt er, som tidligere beskrevet, en metodeudvikling og ikke en konkret analyse af køreplantider af den pågældende linie, som modellen hviler på. Dermed er hovedessensen at se på de fordele og ulemper, der er tilknyttet den udarbejdede model til optimering af køreplantider – hvilke anbefalinger kan der videregives, og hvad skal Movia i særlig grad være opmærksom på. Derved foretages en screening af resultaterne og ikke ”egentlige” undersøgelser af forholdet mellem faktisk og planlagt rejsetid.

Selve metoden i modellen vurderes tilstrækkelig god, når køreplantiderne analyseres. At signifikante forskelle imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider vurderes ud fra konfidensintervaller beregnet med udgangspunkt i Eyeball Testen er en fordel, da denne er forholdsvis simpel og enkelt at bruge. Fordi det er en parametrisk middelværditest, kræver metoden imidlertid mange betingelser, hvilket forudsætter en grundlæggende viden indenfor anvendt statistik i trafikplanlægningen. Generelt er ulempen med parametriske hypotesetests, at der netop kræves mange forudsætninger, som sjældent er opfyldt, hvilket til dels også er tilfældet i dette projekt (Thorndahl, 2007).

Vurdering og anbefalinger

For i højere grad, at sikre for kravene til normalitet og varianshomogenitet bør datamængden, hvorpå analyser foretages, indeholde langt flere målinger end det har været tilfældet med screeningen af resultaterne fra linie 5A. Derfor må der ændres på den tidsmæssige afgrænsning, så data ikke kun analyseres for november måned. Det anbefales, at data i hvert tidsrum (tidsbånd eller plantid) bør indeholde 100 målinger.

Ulempen ved at udvælge én eller flere måneder mere end november måned, er en risiko for at vælge måneder med ferier og køreplansskift, og som derved ikke vil være fuldstændigt repræsentativt for, hvad der er normalt for den eller de pågældende linier. Denne ulempe formodes dog at opvejes af en større statistisk sikkerhed i resultaterne. Det anbefales, at den tidsmæssige afgrænsning ændres, så oktober til november måned og januar til februar måned betragtes.

Flere data vil alt andet end lige altid være en fordel, når statistiske analyser skal foretages, og kravene til normalfordeling og varianshomogenitet vil i højere grad være overholdt. Det er vurderet tilstrækkeligt, at betragte kravene til normalitet og varianshomogenitet ud fra antallet af data i hvert tidsrum (Madsen, 2009). Vil køreplanlæggere være helt sikre på at disse er overholdt, kan hypotesetests om normalfordeling og varianstests med fordel benyttes, men den tidsmæssige ressource vil blive væsentligt større. Ligeledes kan køreplanlæggere benytte egentlig middelværditests, hvis de ikke vurderer den visuelle fortolkning på baggrund af Eyeball Testen for tilstrækkelig god.

9.1.1 KOMMENTAR TIL RESULTATERNE FRA LINIE 5A

Screeningen af resultaterne fra linie 5A viser klare tendenser i forholdet mellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider, og på trods af projektet som sådan skal være påpasselig med at konkludere på alle resultaterne pga. krav om bl.a. normalitet, er det tydeligt, at køreplanen for linie 5A i visse tidsrum skal strammes op. Det er imidlertid vigtigt at slå fast, at modellen bygger på den samme køreplan mandag til fredag i hver retning af delstrækningen på Frederikssundsvej, hvilket medfører, at optimeringen af rejsetiden dagene imellem ikke kan ske uafhængigt af hinanden. Ændringer i rejsetiden i køreplanen for f.eks. tirsdag vil have indflydelse på de øvrige hverdages rejsetider og evt. optimering.

Hvis der registreres et potentiale for reducere af rejsetiden ved mandage i plantid 7:10 på 65 sek. og køreplantiden efterfølgende optimeres i forhold til dette, har det imidlertid indflydelse på de øvrige hverdage. Som køreplanerne er i dag, med ens køreplan mandag til fredag, kan køreplanlæggere derfor ikke optimere ved en plantid på en bestemt dag, uden det påvirker de øvrige. Derfor skal resultaterne ses samlet for mandag til fredag.

Køreplanerne kunne i forhold til dette og med fordel være opdelt særskilt hverdagene imellem. De problemer, som normalt opstår med manglende gennemsigtighed og forståelse

lighed i køreplanerne overfor passagererne optræder, ikke for A-busserne, da passagererne ikke har kendskab til chaufførkøreplanerne (Jensen, 2007, s. 159). At operere med forskellige køreplaner mandage til fredage kunne derimod blive et problem rent organisatorisk for Movia og busentreprenørerne. Det ville kræve en væsentlig større tidsmæssig ressource at planlægge og udarbejde køreplaner hos Movia, og for entreprenørerne vil nogle busser og buschauffører muligvis kun kunne udnyttes i få timer af døgnet, mens andre skal udnyttes meget mere. Spørgsmålet er derfor, om det praktisk kan lade sig gøre at operere med forskellige køreplaner mandag til fredag og med varierende køretider. Det tilsidesætter, at entreprenørerne kan forhandle den ændrende kørsel i forhold til efterspørgslen i overenskomsten med buschaufførerne.

9.1.2 ANDEN BETINGELSE TIL MODELLEN

Selvom formålet med metoden har været at udvikle et analytisk værktøj, Movia systematisk kan anvende i forbindelse med deres køreplanlægning, var tanken desuden at standardisere metoden, så den kan anvendes af andre trafikselskaber rundt om i landet, ligesom den skulle kunne anvendes i udlandet. Endvidere skulle resultaterne fra metoden leveres på en sådan måde at medarbejdere, ikke kun ved trafikselskaberne, men også ved regioner, kommuner og busentreprenører kunne forstå dem.

I det følgende afsnit følges der op på, i hvor høj grad, det er lykkedes at udvikle en metode til optimering af køreplantider, som opfylder de betingelser som indledende blev stillede til metoden. Betingelser var:

- Resultaterne skal afspejle de aktuelle forhold, der udspiller sig i busdriften
- Metoden skal kunne anvendes af køreplanlæggere, der har et grundlæggende kendskab til statistik i trafikplanlægningen
- Resultatet skal være egnet til formidling, ikke kun blandt medarbejdere ved Movia, men også for medarbejdere ved regioner, kommuner og busentreprenører
- Metoden er primært målrettet Movia, men den skal endvidere også kunne anvendes af andre trafikselskaber i Danmark, som benytter GPS-registrering til detektering af rejsetider, såvel som den skal kunne bruges af selskaber i udlandet

RESULTATET SKAL AFSPEJLE DE AKTUELLE FORHOLD PÅ LINIE 5A

Det er umiddelbart svært at vurdere, hvorvidt resultaterne afspejler det korrekte billede af forholdet mellem faktiske og planlagte rejsetider på linie 5A. Dette hænger sammen med, at resultaterne kun er en screening af det faktiske forhold og yderligere, at Movia ikke før har foretaget systematiske analyser imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider. Det formodes dog, at billedet er repræsentativt, idet der er anvendt data for november måned, som bedst skulle beskrive normalen på et tidspunkt af året, hvor der samtidig er mange passagerer. Derudover er det forsøgt, at minimere for tilfældige hændelser, såsom

Vurdering og anbefalinger

uheld og vejarbejde, som ellers kunne have haft forstyrrende indflydelse på de statistiske analysers resultater. At dataene er indsamlet automatisk ved ABIT-systemet er endnu en fordel, da menneskelige fejl i forbindelse med indsamling af data er undgået.

Resultaterne fra linie 5A kunne med fordel valideres ved at interviewe buschauffører fra busentreprenøren Netbus. Derved kan det undersøges, om der er overensstemmelse mellem rejsetiderne fundet ud fra metoden, og de erfaringer chaufførerne har gennem deres arbejde. En sådan undersøgelse er dog ikke lavet, da dette ville have krævet en omfattende og systematisk dataindsamling med efterfølgende databehandling – en undersøgelse, som, der i forbindelse med dette projekt, ikke har været ressourcer til.

I forbindelse med besigtigelse af linien torsdag den 2. april 2009, blev der dog foretaget enkelte interviews af buschauffører på linien. Der blev givet det indtryk, at busserne generelt ikke kunne opfylde de operative mål om rettidighed og regularitet, som bliver stillet af Movia. Chaufførerne beklagede, at de oftest var så forsinket, at det går ud over deres pauser (Movia, 2009f). Dette billede stemmer ikke overens med resultaterne af forholdet imellem faktisk og planlagte rejsetider, hvor der i nævneværdig grad, ikke kan ses så store forsinkelser i rejsetiden. At busserne har svært ved at opretholde regulariteten kunne imidlertid tydeligt ses. Den bus på linien, som blev benyttet til besigtigelse, var da den nåede til endestationen på Sundbyvester Plads indenfor samme minuttal, efterfulgt af to andre busser på linie 5A. Dermed var frekvensen på det givne tidspunkt ikke opfyldt.

Den største fejlkilde, som umiddelbart kan påvirke resultatet, er uvidenhed til buschaufførernes kørsel. Det kan ikke aflæses af resultaterne, om chaufførerne bevidst kører langsommere end den øvrige trafik udenfor spidstimerne for ikke at overskride køreplanen. Yderligere kan det ikke aflæses, om chaufførerne bruger længere tid på ophold end den reelle betjeningstid af passagerer, altså for ind- og udstigende passagerer. Dette er selvfølgelig et problem i forhold til metoden, men metodens pålidelighed kan ikke blive bedre end de data, der indlæses – korrektheden er altså ikke større end de data, der anvendes.

KENDSKAB TIL STATISTIK I TRAFIKPLANLÆGNINGEN

Fordelen ved metoden er, at den benytter en forholdsvis enkelt statistisk metode til vurdering af signifikant forskel imellem faktisk og planlagt rejsetid. Dermed er det ikke nødvendigt for køreplanlæggere i Movia at have et indgående kendskab til statistik og de mange forskellige tests, hvorpå middelværdier kan foretages. På trods af dette, skal køreplanlæggeren dog have forståelse for de krav, der stilles til parametriske tests, og derved er det nødvendigt med en grundlæggende viden indenfor feltet. At metoden udføres ved Eyeball Testen bevirker desuden, at resultaterne kan tolkes af andre end lige medarbejdere ved Movia heriblandt buschauffører, hvilket ses som en klar fordel.

RESULTATET SKAL VÆRE EGNET TIL FORMIDLING

Eyeball Testen giver en god visuel fortolkning af resultaterne i forskellen imellem faktiske og planlagte rejsetider. Derfor egner fortolkningen af resultaterne sig til præsentationer overfor medarbejdere ved regioner, kommuner og busentreprenører, heriblandt buschauffører. Yderligere vurderes resultaterne også egnet til formidling blandt ”ikke fagfolk” såsom politikere og borgere i al almindelig. Dette har umiddelbart ikke været ideen med metoden, idet resultaterne skal bruges internt i Movia, men det ses som en fordel, at resultaterne er egnet til at belyse flere formål.

ANVENDES AF ANDRE TRAFIKSELSKABER, DER BENYTTER GPS

Metoden er primært målrettet Movia, men det har endvidere været målet, at metoden også skal kunne tages i anvendelse af andre trafiksselskaber. Det er altså vigtigt, at metoden ikke er afhængig af specifikke forhold, som kun er gældende i København eller hovedstadsområdet som helhed, men også at den udformes, så den kan tages i brug i andre byer i Danmark, ligesom den skal kunne anvendes i europæiske sammenhænge. I princippet kan alle trafiksselskaber, som anvender GPS-registrering til detektering af rejsetider foretage samme analyser, og da Hastus med tilknyttet ATP er det mest anvendte køreplanlægningsprogram i verden, vurderes mulighederne for bred udvidelse stor.

9.1.3 ANBEFALINGER FRA PROJEKTET

Movia har med dette projekt fået en metode, hvortil de kan afdække, hvordan forskellen imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider adskiller sig statistisk. De skal dog være opmærksomme på de forudsætninger, som metoden kræver, for at få pålidelige resultater at vurdere efter. For at øge den statistiske korrekthed anbefales det derfor at:

- Udvalge en større tidsmæssig afgrænsning
- Oktober til november og januar til februar
- Anvende 100 målinger i hvert tidsrum for dataudtrækket

Med disse anbefalinger in mente, har Movia nu et redskab de systematisk kan anvende, når nye køreplaner skal udarbejdes eller hvis, der skal laves ændringer af igangværende. Redskabet er imidlertid ikke systematiseret i databaser såsom Acces, så udtræk fra ATP-modulet på andre linier i hovedstadsområdet skal indsættes i Excel, hvortil der skal lægges en større tidsmæssig ressource. Det anbefales derfor yderligere, at Movia og andre trafiksselskaber laver forespørgsler i Acces, så køreplanlæggere hurtigt og uden større ressource kan få et overblik over de linier, der ønskes undersøgt. Endelig skal det nævnes, at et projekt, der tager regulariteten i betragtning, som det var tilfældet med dette projekt vil have stor relevans i forhold til optimering af køreplantider. Derfor bør Movia efterfølgende gå i gang med at undersøge muligheden i at udvikle et redskab der ikke kun tager, retigheden i betragtning, men også regularitet.

10 KONKLUSION

I dette projekt er det undersøgt, hvorledes Movia kan optimere deres køretidsplanlægning ved hjælp af positionslogninger fra GPS-data. Formålet har været at undersøge muligheden i at udvikle en metode, hvortil Movia samt andre trafikselskaber, der arbejder med detektering af rejsetider på baggrund af GPS-registreringer, kan foretage systematiske analyser af data med henblik på at få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden. Problemstillingen i projektet har således været følgende:

Kan der på baggrund af GPS-data fremstilles en metode, Movia kan benytte til at få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden?

Foruden dette, er der i projektet også set på mulighederne i at tilpasse rejsetiderne mere efter dagtypevariationer ved at betragte variationen af rejsetiderne indenfor hverdage mandage til fredage i november måned.

Indledende i projektet er det kollektive trafiksystem i hovedstadsområdet, med fokus på København og centralkommunerne, kortlagt, og det er beskrevet, hvilke udfordringer den kollektive trafik står overfor generelt, samt hvordan disse kommer til udtryk i den kollektive bustrafik. Endvidere er det undersøgt hvilke forhold, der bevirker, at pendlere vælger den kollektiv bustrafik til og i særdeleshed, vælger den fra. Udover flere eksterne faktorer, som Movia ikke kan ændre, viser flere undersøgelser, at pålideligheden og punktligheden i forhold til, om bussen ankommer og afgår til tiden, samt om frekvensen fastholdes på ønskede mål er afgørende for trafikanters valg af transportmiddel. Yderligere har den samlede rejsetid stor indflydelse på, om den individuelle bilkørsel vælges fra til fordel for den kollektive trafik. Det er dermed disse parametre, som Movia og andre aktører indenfor den kollektive trafik skal fokusere på for at tiltrække flere passagerer, og på den måde forbedre det økonomiske resultat.

For at kortlægge mulighederne i at få køreplaner, der er i bedre overensstemmelse med virkeligheden, er der opstillet en metode, der ved hjælp af positionslogninger fra ABIT-systemet på linie 5A sammenholder de faktiske rejsetider med dem, som planmæssigt er lagt ind i køreplanerne. Herved undersøges det ved hjælp af middelværditests, om der er statistiske sammenhænge eller forskelle imellem de planlægningsmæssige og faktiske rejsetider. Linie 5A er udvalgt, som den buslinie metoden estimeres over, da denne buslinie er den største i hovedstadsområdet, målt på passagertal og indtægter. I øvrigt er der pga. projektets hovedformål, kun valgt at betragte delstrækningen på Frederikssundsvej fra Nørrebro Station til Husum Torv, og derved er afdækningen af rejsetiderne på delstrækningen en screening af forholdene.

Konklusion

Screeningen af resultaterne af forholdet imellem faktisk og planlagt rejsetid viser en generel tendens til, at køreplanen kan og bør strammes op, ikke mindst i nordvestlig retningen mod Husum Torv. I den sydøstlige retning mod Nørrebro Station, er potentialet for reducere knap så stort og i visse tidsrum bør der endda foretages udvidelse af rejsetiden.

I tilknytning til den udarbejdede metode anbefales det at udvælge en større tidsramme end dette projekt. Derved vil resultaternes pålidelighed blive større, idet der vil være en væsentlig større datamængde at basere sine analyser på. I stedet for kun at analysere på november måned kan det anbefales at betragte de fire måneder fra oktober til november samt januar til februar. Der er målet, at hvert tidsrum i de pågældende dataudtræk skal indeholde 100 rejsetidsmålinger.

Udover den udviklede metode, hvortil Movia kan foretage systematiske analyser af forskellen imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider, er der i projektet endvidere set på hvilke variationer, der er i rejsetiden henover hverdagene mandage til fredage. Disse analyser, der er foretaget for både delstrækningen og for hele linien på 5A, viser ingen entydige tendenser. Ikke desto mindre kan det dog konkluderes, at rejsetiderne for fredage i tidsrummet omkring middag i retning mod Husum Torv adskiller sig signifikant i forhold til øvrige hverdage.

10.1 PERSPEKTIVERING

Metoden, udviklet i dette projekt, vurderes til at have flere udvidelsesaspekter. Movia og andre trafikselskaber kan med fordel bl.a. inddrage opholdstiden ved hvert stoppested, hvilket vil betyde, at der særskilt ses på køretid og opholdstid. Analyser af tiden, som busserne bruger ved ophold, vil være vigtige indikatorer for, om disse kan optimeres henover en strækning på en givet linie. Endelig bør der endvidere udvikles en metode, som tager tidsafstanden mellem to på hinanden følgende busser i betragtning. Dette skyldes, at det netop er regulariteten, kunderne kender via den publikumsvendte køreplan.

Spørgsmålet er imidlertid om trafikselskaber, heriblandt Movia, bør overveje hvorvidt busserne skal operere med dynamiske køreplaner, og i denne sammenhæng overlade ansvaret for køreplanlægningen til busentreprenørerne. En dynamisk køreplan skal ses som én, der kan ændres forholdsvis momentant efter vejret eller ferieperioder. Vejrsprognosen kunne med fordel inddrages, idet vejret formodes at have indflydelse på antallet af passagerer. Yderligere bør dynamiske køreplaner ikke have en egentlig chaufførkøreplan, hvilket vil sige, at buschaufførerne kører fuldstændigt efter forholdene, og dermed kunne de fejlkilder, der er vedhæftet chaufførernes kørsel elimineres. Dette kunne være en grund til at overlade planlægningsarbejdet til busentreprenørerne, så Movias rolle kun vil være at varetage finansieringen af busdriften på baggrund af ønsker fra kommuner og regioner.

11 LITTERATURLISTE

blst, 2007a, "*Forslag til Fingerplan 2007 – Landsplandirektiv for hovedstadsområdets planlægning*", udgivet af By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet, ISBN: 87-7279-757-6, lokaliseret på: <http://www2.sns.dk/udgivelser/2007/87-7279-757-6/pdf/87-7279-757-6.pdf> den 20. april 2009

blst, 2007b, "*Regionale udviklingstræk i hovedstadsområdet 2007*", udgivet af By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet, ISBN: 978-87-92256-45-4, lokaliseret på: http://www2.blst.dk/download/Regional_udviklingstraek.pdf den 11. marts 2009

Cowi, 2008a, "*Hvor blev de af? – Passagererudviklingen i Hovedstadsområdet 2002-2007*", Rapport udarbejdet for trafikaktørerne i hovedstadsområdet

Cowi, 2008b, "*Køretider i sommerperioden – Muligheder for reduktion i køretiden*", Notat udarbejdet for Trafikselskabet Movia

Danmarks Statistik, 2009a, "*Statistikbanken – Befolkning og valg*", lokaliseret på: <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1024> den 21. april 2009

Danmarks Statistik, 2009b, "*Statistikbanken – Transport*", lokaliseret på: <http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1024> den 21. april 2009

Dawson, B et al. 2000, "*Basic & Clinical Biostatistics – third edition*", Trapp, RG, Lange Medical Books/McGraw-Hill, Medical Publishing Division, ISBN nr. 0-8385-0510-4

DR, 2008, "*Artikel – Trafikplan forsømmer buspassagerer*", lokaliseret på: <http://www.dr.dk/Nyheder/Politik/2008/12/07/032725.htm> den 6. marts 2009

DSB, 2009, "*S-tog – Køreplaner*", Lokaliseret på: <http://www.dsb.dk/Global/PDF/Koereplaner/S-tog/k09/S-tog%20k%c3%b8replan%20samlet%202009.pdf> den 24. februar 2009.

DTU, 2008, "*Travel time variability – Definition and valuation*", ISBN: 978-87-7327-175-2

Duhn, JK et al. 2008, "*Trængselsopgørelse for busser – samt vurdering af fremkommeligheds forbedrende tiltag*", Nørregaard Madsen, JK, Afgangprojekt 2008

Litteraturliste

EOO, 2009, "*Priser – Benzin*", Energi- og Olieorganisationerne, lokaliseret på: <http://www.oliebranchen.dk/Priser/document.aspx?path=%2fhome%2fpriser%2fbenzin&layout={628F8056-CBA9-400E-8073-36FEE61695D5}> den 6. marts 2009

Giro, 2006, "*User Guide 2006 Hastus-ATP – Run Time Analysis*", Materiale modtaget fra Maiken Krogdal Larsen, Movia 2009

Gyldendal, 2009, "*Danmarks geografi og historie – Hovedstadsområdet*", lokaliseret på: http://www.denstoredanske.dk/Danmarks_geografi_og_historie/Danmarks_geografi/K%C3%B8benhavn/Hovedstadsomr%C3%A5det den 21. Maj 2009

Hartoft-Nielsen, P 2002, "*Stationsnærhedspolitikken i hovedstadsområdet – baggrund, implementering og effekter*", Center for Skov, Landskab og Planlægning (FSL), lokaliseret på: <http://www.trafikdage.dk/papers/soeg/bib.asp/?PaperID=825> den 17. februar 2009

HT, 2000, "*Forslag til Stambusnettet i Københavns og Frederiksberg Kommuner i år 2002*", Hovedstadsområdets Trafikselskab

HUR, 2003, "*Trafikplan 2003*", Plandivisionen, Hovedstadens Udviklingsråd, ISBN nr. 87-7971-110-3

HUR, 2005, "*Nøgletal for busdriften i Hovedstadsområdet*", Trafikdivisionen, Hovedstadens Udviklingsråd, ISBN nr. 87-7971-162-6

Information, 2009, "*Artikel – Regeringens grønne trafikplan er kulsort*", lokaliseret på: <http://www.information.dk/181291> den 13. marts 2009

InstKom, 2007a, "*Danmarks Transportinfrastruktur 2030 – Betænkning fra Infrastrukturkommissionen*", udgivet af Infrastrukturkommissionen, ISBN: 978-87-91511-83-7

InstKom, 2007b, "*Pressemeddelelse – Infrastrukturkommissionen har fokus på klima- og miljø*", Infrastrukturkommissionen, lokaliseret på: <http://www.infrastrukturkommissionen.dk/sw91349.asp> den 12. marts 2009

Jensen, NM, 2007, "*Kollektiv trafik – Forudsætninger, planlægning og eksempler*", ISBN nr. 1397-3169

Johansen, MH, 2008, "*WebGIS i Trafikselskabet Movia – Trafikselskabet Movia*", Movia, lokaliseret på http://www.trafikdage.dk/td/papers/papers08/mette_haugsted_johansen_169.pdf den 6. marts 2009

Kommuneforum, 2008, *"Trængselsafgifter i hovedstadsområdet"*, Kommuneforum er bestående af de i hovedstadsrådets centralkommuner, lokaliseret på: <http://www.traengsel.dk/upload/traengsel/dokumenter/trængselsafgifter%20i%20hovedstadsområdet%20-%20endelig.pdf> den 19. maj 2009

København Kommune, 2009, *"Københavns Kommuneplan 2009 – Rammer og lokalplanlægning"*, Hovedstruktur, lokaliseret på: <http://www.kk.dk/kommuneplan.aspx> den 20. februar 2009

Lokalbanen, 2009, *"Køreplaner"*, lokaliseret på <http://www.lokalbanen.dk/Køreplaner.aspx> den 6. juni 2009

Madsen, JCO 2009, *"Møder med Adjunkt Jens Christian Overgaard Madsen – forårsmestret 2009"*, Trafikforskningsgruppen, Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitet

Metroselskabet, I/S 2009, *"Om Metroen"*, lokaliseret på: <http://www.m.dk/om+metroen.aspx> den 18. februar, 2009

Movia, 2007, *"Drejebog for samarbejde med kommuner og regioner"*, lokaliseret på: <http://trafikweb.hur.dk/KIa/drejebog2007/drejebog2007.asp> den 30. april 2009

Movia, 2008a, *"Movias Forretningsplan 2008-2010"*

Movia, 2008b, *"Årsrapport 2008 – Passagerudvikling i Movias driftsområde"*

Movia, 2008c, *"Liniegennemgang 2A"*, Notat 2008

Movia, 2009a, *"Bag om os – På sporet"*, lokaliseret på: <http://www.moviatrafik.dk/BAGOMOS/PAASPORET/Pages/Paasporet.aspx> den 18. februar 2009

Movia, 2009b, *"Køreplaner"*, lokaliseret på: <http://www.moviatrafik.dk/koreplaner/Pages/Koreplaner.aspx>, den 18. februar 2009

Movia, 2009c, *"Byen Net Guide"*, lokaliseret på: http://www.moviatrafik.dk/oversigtskort/Byens_Net/Pages/Byensnet.aspx, den 20. februar 2009

Movia, 2009d, *"Interview med plankoordinator Erik Hjulmand"*, Samtale om køreplanlægning i Movia onsdag den 1. april

Litteraturliste

Movia, 2009e, *"Samtale med områdechef Torsten Rasmussen"*, Samtale om mulige emner vedr. afgangspjækt december – januar måned

Movia, 2009f, *"Besigtigelse af linie 5A torsdag den 2. april 2009"*, I forbindelse med besigtigelsen blev der foretaget enkelte interviews af buschauffører

Movia, 2009g, *"Samtale med køreplanlægger Maiken Krogdal Larsen"*, Besvarelse af spørgsmål om kvalitetsmål for linie 2A, den 7. maj 2009

Møller, TH 2008, *"Bolitlokalisierung og andelen af regionale togrejser på Sjælland og i Østjylland"*, 8. semester Aalborg Universitet, lokaliseret på: http://www.trafikdage.dk/program/Program-netudgave_2008.pdf den 18. februar 2009

Thorndahl, S 2007, *"Kursus i Anvendt Statistik i Trafikplanlægningen 2007 – Kursusgang 5 Parametriske middelværditest"*, Aalborg Universitet

TNC, 2005, *"IT-Platform – General concept and overall system structure"*, TNC Connect A/S, materiale modtaget fra Jens Christian Led – Ansvarlig for IT-System i Movia

Trafikstyrelsen, 2008, *"Årsrapport for samarbejdet i hovedstadsområdet"*, Transportministeriet

TRM, 2007, *"Trafikale udfordringer i hovedstadsområdet"*, Transport- og Energiministeriet, ISBN: 978-87-91013-24-9, lokaliseret på <http://www.trm.dk/graphics/Synkron-Library/trafikministeriet/Publikationer/2007/Trafikale%20Udfordringer%20i%20Hovedstadso mr%E5det.pdf>, den 4. marts

TRM, 2008, *"Nyheder – Bredt forlig om Danmarks grønne transportpolitik"*, Transportministeriet, lokaliseret på: <http://www.trm.dk/sw43883.asp?path={C63CF9AE-8436-4B8A-9F18-62B11969CAF3}> den 12. marts 2009

Vagnby, B, 2007, *"Kursus i Byplanlægning i Danmark – Efterkrigstidens byplanlægning og byudvikling: Dispositionsplanernes epoke og de store byplaner"*, Trafikforskningsgruppen, Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitet

Vejdirektoratet, 2003, *"Bustrafik – Kollektiv bustrafik"*, Trafikarealer by, Vejreglerådet, lokaliseret på: [http://webapp.vd.dk/vejregler/pdf/VRA_Bustrafik_\(pub\).pdf](http://webapp.vd.dk/vejregler/pdf/VRA_Bustrafik_(pub).pdf) den 30. april 2009

Optimering af køreplantider i Movia

Bilagsrapport



Det Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakultet
Vej- og Trafikteknik, 10. semester
Thomas Hjorth Møller
2009

Aalborg Universitet

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	A Bus IT – ABIT	3
1.1	Bearbejdning af data	6
1.1.1	Planlægningsprogrammet Hastus.....	6
1.1.2	Applikationsmodulet ATP	7
2	Køreplanlægning.....	9
2.1	Køreplanlægning i Movia	10
2.1.1	Kommunernes og regionernes bestilling af trafik	10
2.1.2	Kontrakter med entreprenørerne	11
3	Variation i rejsetiden	15
3.1	Datagrundlaget	15
3.1.1	Frasortering af data	16
3.1.2	Statistiske sammenhænge	17
3.2	Deskriptiv statistik	19
3.3	Analytisk statistik.....	21
4	Optimering af rejsetider.....	25
4.1	Datagrundlaget.....	25
4.2	Resultaterne fra modellen	26
4.2.1	Retning fra Nørrebro Station mod Husum torv.....	27
4.2.2	Retning fra Husum Torv mod Nørrebro Station	29

1 A Bus IT – ABIT

Siden starten af årtusindeskiftet har der været en stor udvikling af informationsteknologien indenfor kollektiv trafik. Til trods for udviklingen, forventes det dog stadig, at der i de kommende år vil være mange initiativer på området, bl.a. med indførelsen af det elektroniske rejsekort i hele landet. Den overvejende grund til at satse på IT er, at den kollektive trafik, som enhver anden branche, løbende må udvikle sit produkt, så den fremstår som et attraktivt alternativ til den individuelle bilkørsel. Der er ikke nok, at bussen kører hver anden time. Den kollektive trafik skal kunne stå mål med de nye krav og forventninger, der stilles fra passagerer bl.a. i form af forbedret kvalitet, bedre information og miljørigtige busser. Dette bilag vil beskrive hvordan IT bliver anvendt i Movia.

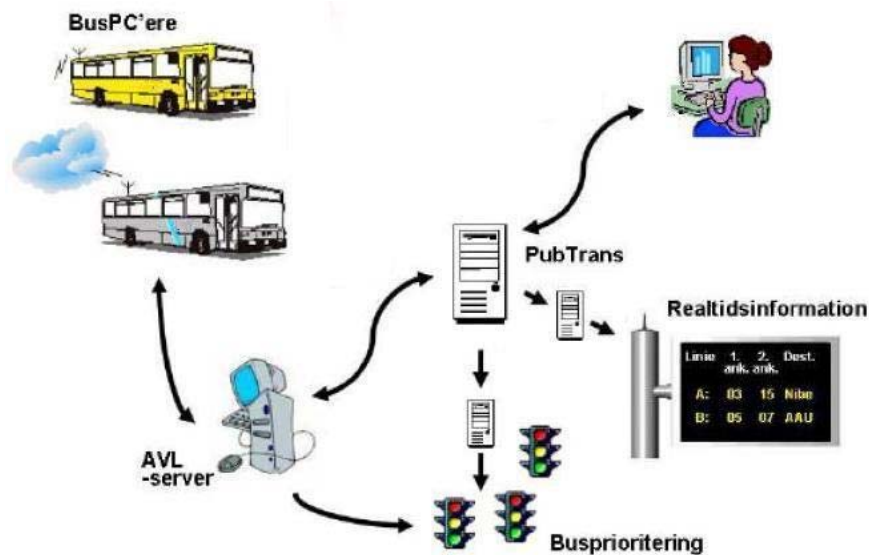
Ved øget anvendelse af IT opnås der en række fordele, der bl.a. udspringer af, at det bliver nemmere at opsamle data og bearbejde disse via nyere teknologier. Bedre information i form af realtidsinformation til passagererne i busserne, på stoppestederne, på Internettet samt via SMS-beskeder, er en af de fordele informationsteknologien fører med sig. Derfor vil tilgængeligheden til den kollektive trafik i forhold til overstående øges.

I takt med, at der sker en løbende dataopsamling, opnås et bedre grundlag for planlægning af kollektive trafiksystemer, idet trafikselskaberne såsom Movia får en meget konkret viden om passagermængder, passagerernes generelle rejsemønstre samt bussernes reelle køretider i løbet af dagen. De mange fordele kan, hvis de bliver benyttet i tilstrækkelig grad, effektivisere driften af den kollektive trafik og herved opnås en bedre økonomisk situation for bl.a. trafikselskabet Movia.

Der findes tre IT-systemer i Movia, hhv. ABIT, Tællerbusser og TeleDataRadio (DTU, 2008, s. 20). I det efterfølgende vil ABIT-systemet, som er implementeret i alle A-busser, blive omtalt. ABIT-systemet i A-busserne, som næsten er identisk med det i Nordjyllands Trafikselskabs metrobusser, består af driftsdatabasen PubTrans samt BusPC'en og AVL-serveren (TNC, 2005). Yderligere findes der applikationer som f.eks. realtidsinformation og busprioritering. Den centrale del i systemet er driftsdatabasen, PubTrans, der indeholder alt relevant information med tilknytning til køreplaner og selve afviklingen af kørslen. Driftsdatabasen er bindeledet mellem de forskellige delsystemer, idet den modtager og distribuerer data til og fra disse, jf. figur 1.

BusPC'en er i høj grad en standard computer, der er tilrettet det miljø, den skal arbejde i, og herved tages der hensyn til bussernes rystelser og årtidernes svigende temperatur og fugtighed. BusPC'en har fået tilføjet en GPS-logger, så den enkelte bus, og systemet som helhed, hele tiden er opdateret med bussens aktuelle position (TNC, 2005). Derudover har BusPC'en kommunikationsenheder, der gør det muligt at kommunikere til og fra de re-

spektive busser. AVL-serveren er en central server, der bl.a. modtager information om, når chaufføren starter sin køreplantur og hver gang GPS-loggeren registrerer en logning. Endvidere holder serveren styr på, om alle busser er i drift, og at busserne har de rigtige programmer og aktuelle køreplaner (TNC, 2005). AVL-serveren kommunikerer alt relevant information videre til driftsdatabase, jf. figur 1.



Figur 1. Grundlæggende systemstruktur i Movia og Nordjyllands Trafikselskab.

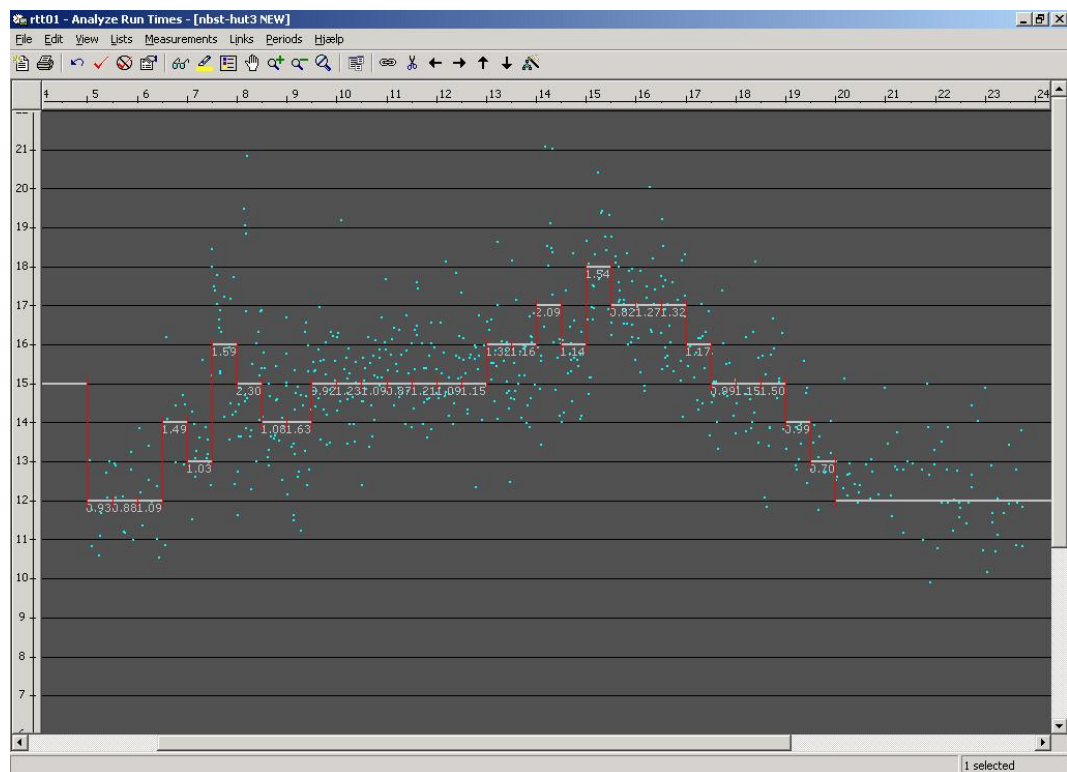
En vigtig del af systemet er realtidsinformationer, der leverer realtidsoplysninger om bustrafikken til passagererne på en lang række centrale lokalisationer og forskellige medier, som bl.a. Internettet og mobiltelefonen, jf. figur 2. En server, der forbinder realtidsinformationer med driftsdatabase, "tapper" konstant den centrale driftsdatabase for beregnede prognoser og videresender de nyeste informationer ud til en række forskellige informationsenheder. På den måde vil passagerer få de nyeste informationer på stoppesteder og terminaler som Rådhuspladsen og Hovedbanegården, og herved kan de holde sig opdateret med oplysninger omkring lige netop deres bus, bl.a. om hvorvidt bussen er kørt, og hvor lang tid, der er til næste bus. (TNC, 2005)

Busprioriteringen er en applikation til systemet, der skal sikre en forbedret fremkommelighed for busserne og herved en lavere rejsetid. Udover at Movia opnår større kundetilfredshed i takt med mindre rejsetid, får de reduceret køretiden og herved færre omkostninger. Endvidere medfører det et forbedret brændstofforbrug og miljøbelastning. Busprioriteringen fungerer ved, at BusPC'en har installeret en busprioriteringsapplikation, som konstant følger bussens bevægelse og retning. Når en bus passerer et bestemt punkt i forhold til et signalanlæg, vurderer BusPC'en om bussen evt. er forsinket. Er dette tilfældet kommunikerer BusPC'en til AVL-serveren og anmoder om prioritering i det efterfølgende kryds, jf. figur 1.



Figur 2. Realtidsinformation, Hovedbanegården (tv), Toftegårdsplass (th).

GPS-loggeren, som er indeholdt i BusPC'en, registrerer løbende, hvorhenne en given bus er på sin rute. ABIT-systemet registrerer en logning pr. 10. sekund samt ved hvert stoppested (DTU, 2008, s. 20). Antallet af data, hvorpå der kan foretages analyser, er derfor særdeles fyldestgørende og omfatter herved flere millioner logninger. Når der skal foretages analyser af data på baggrund af enkelte logninger, skal der derved bruges store ressourcer på bearbejdningen, hvilket nødvendiggør omfattende afgrænsninger. Det er dog også muligt at hente enkelte rejserapporter om den enkelte bus' rejsetider, jf. figur 3.



Figur 3. Rejsetider for linie 5A på Frederikssundsvej, mandage i november måned 2008.

Figur 3 viser logningerne fra én linietur, som er sammensat til en registrering. Disse repræsenterer bussens rejsetid for en delstrækning eller bussens samlede rejsetid for hele linien. De enkelte bussers registreringer af rejsetid er anvendt i dette projekt, og derved repræsenterer disse alle de logninger, der foretages på baggrund af ABIT-systemet.

I GPS registreringen lagres der et tur-id-nummer, så det er muligt at se hvilke busser der er tale om, samt hvornår registreringen er foretaget. GPS-logningerne gemmes i PubTrans driftsdatabase flere år efter logningen er foretaget, hvoraf de kan anvendes til senere brug, eksempelvis i forbindelse med analyser og kundehenvendelser.

1.1 BEARBEJDNING AF DATA

Når der laves ændringer eller nye køreplaner, benytter Movia sig af køreplanlægningsprogrammet Hastus. Tilknyttet Hastus er et applikationsværktøj, ATP, som bl.a. kan benyttes til analyser af køretider. ATP bruges til at præsentere og regne på køretidsmålinger hentet fra bussernes GPS-registreringer. I ATP kan køreplanlæggere definere nye køretider, hvorefter de hurtigt og enkelt kan lave konsekvensvurderinger af forskellige scenarier på køreplanen. I det følgende vil de to programmer beskrives kort.

1.1.1 PLANLÆGNINGSPROGRAMMET HASTUS

Hastus tilbyder komplette integrerede software løsninger fra transitoperationer. Programmets primære operationsflade er udarbejdelse af køreplaner og varetagelsen af den daglige drift, men programmet tilbyder endvidere supplerende moduler til rådighed for planlægning og analyser samt kundeoplysninger. I forhold til udarbejdelse af køreplaner hjælper værktøjer med at beskrive rutenettet og definere ønskede køreplantider. Herefter kan køreplanerne valideres og finjusteres. (Giro, 2006)

Moduler til hjælp af den daglige drift giver operatører mulighed for at styre ændringer af den daglige service. Opdaterede oplysninger fra busserne er tilgængelige på alle tidspunkter af døgnet, hvilket er en fordel i forhold til ændring af kørslen. Yderligere kan køreplanlæggere overvåge operatørernes busflåde. I forhold til kundeoplysningerne kan kundehenvendelser registreres og straks analyseres med henblik på, om henvendelserne matcher tilsvarende serviceoplysninger.

Ved hjælp af modulet til planlægning, kan køreplanlæggere sammenligne de planlagte køretider med de faktiske og foretage statistiske analyser på baggrund af statistiske mål. Udover køretider kan passagertallet yderligere analyseres og via disses resultater optimere udnyttelsen af busflåden. Et skræddersyet system, som passer til kunden behov.

1.1.2 APPLIKATIONSMODULET ATP

ATP er det modul i Hastus, som benyttes til planlægning. Det er heri køreplanlæggere kan foretage analyser af planlægningsmæssige og faktiske køretider og på den måde optimere kørslen (Giro, 2006, s. 5). Programmet er nemt og overskueligt, og køreplanlæggere kan hurtigt og enkelt udvælge den eller de strækninger, hvorpå der skal foretages analyser samt tilknytte informationer omkring hvilke tidshorisonter, der ønskes analyseret på. I forhold til den tidsmæssige afgrænsning, kan der både analyseres på enkelte dage evt. mandag samt for hele uger mandag til søndag.

Når data er importeret i ATP, er det oftest nødvendigt at deaktivere datoer med upålidelige data. Flere trafikselskaber benytter sig af dette, idet målinger, som afviger signifikant fra normalen, kan ”forstyrre” de statistiske analysers resultater, (Giro, 2006, s. 43). Det er forholdsvis nemt at deaktivere importeret data i ATP.

På trods af de mange millioner data fra GPS-logningerne, virker modulet ikke tungt. De respektive logninger sættes i ATP sammen til enkelte rejserapporter pr. bus og ud fra disse, kan der hurtigt foretages ønskede analyser om bl.a. køretider. At der i ATP kun arbejdes med rejsetider og ikke registreringer af enkelte bussers positioner, er medvirkende til at øge anvendeligheden af programmet. Yderligere bliver det overskueligt at eksportere data til beregningsprogrammer som f.eks. Excel.

AFRUNDING

På trods af mulighederne i applikationsprogrammet, anvender Movia ikke dette ATP-modul i forbindelse med analyser af GPS-registreringer (Movia, 2009d). Movia sammenligner ikke de planlægningsmæssige køretider med de faktiske, og dermed bliver køreplaner ikke direkte defineret på baggrund af ”virkelige rejsetider”, men kun indlagt i Hastus ud fra oplysninger om nuværende tider i køreplanerne samt de forhandlinger, Movia har med busentreprenører om køreplantiderne.

I dette projekt er der på baggrund af programmets anvendelighed valgt at bearbejde data i ATP. Dermed bliver det ikke nødvendigt at arbejde med hver enkelt GPS-registrering men kun de samlede rejserapporter, som ATP beregner. Dette øger overskueligheden, hvilket altid er en fordel, når der analyseres på store datamængder. Derudover har ATP den fordel, at det er nemt at eksportere data til Excel. Efter de respektive strækninger og datoer, der ønskes analyseret på, er eksporteret, bearbejdes dataudtrækkene i Excel.

2 KØREPLANLÆGNING

I dette bilag belyses det, hvordan køreplaner rundt om i landet udarbejdes, og hvordan køreplanlægning specifikt foregår i Movia. Denne viden er vigtig i forhold til forståelsen af køreplanlægning generelt og heraf bestræbelserne på at få optimeret køretider i køreplanlægningen. Som følge af strukturreformen 1. januar 2007 skete der en ændring af, hvordan den kollektive trafik skulle administreres. Før strukturreformen var der ingen pligt til at oprette trafikselskaber, hvilket medførte, at der ikke var trafikselskaber på Fyn, i Århus og Ringkøbing Amter (Jensen, 2007, s. 10). Ændringerne medførte, at det blev lovpligtigt at oprette trafikselskaber, som kommuner og regioner aktivt skulle deltage i. Trafikselskaberne udarbejder med udgangspunkt i et statsligt udspil fra Transportministeriet, mindst hvert fjerde år en plan for serviceniveauet for den kollektive bustrafik. Dette arbejde skal medvirke til sammenhæng i den samlede kollektive trafik med tog, bus og metro (Vejdirektoratet, 2003, s. 17).

Et trafikselskab finansieres gennem indtægter fra passagererne samt gennem et tilskud fra de kommuner og regioner, hvor trafikken foregår. Kommuner og regioner kan dog ikke forpligtes til at betale mere end deres forholdsmæssige forbrug af trafikselskabernes ydelser (Jensen, 2007, s. 11). For kommunernes vedkommende er det lokaltrafikken, individuel handicapkørsel samt bidrag til administration. I regionernes tilfælde er det udgifter til lokalbaner, busbetjening af regional betydning og administration. Lokale busruter, som kun betjenes af en enkelt kommune, betales af den pågældende kommune, mens øvrige ruter betales af de berørte kommuner i et forhold, der afspejler ruternes trafikomfang i den enkelte kommune (Vejdirektoratet, 2003, s. 18).

Som det fremgår af overstående, findes der forskellige betjeningsformer, alt efter om trafikken foregår i én eller flere kommuner samt én eller flere regioner. Lovgivningen opererer således med tre former for betjening; lokal trafik forløber udelukkende i en kommune, regional trafik er ruter, der forløber i mere end én kommune og fjerntrafik. Ved fjerntrafik forstås rutekørsel, der forløber i mere end to af trafikselskabernes område.

Den kollektive trafik planlægges med udgangspunkt i klarlæggelse af rejsemål og rejsebehov, hvorefter betjeningsprincipper og serviceomfang kan fastlægges. Ideelt bør denne planlægning ske i sammenspil mellem kommuner, regioner og trafikselskaber, da der herved kan opnås et sammenhængende kollektiv busnet (Vejdirektoratet, 2003, s. 20). Den kommunale del af arbejdet kan bestå i en overordnet planlægning således at, der tages stilling til betjening af kommunes væsentligste kollektive trafikmål samt til koordinering med regional- og fjerntrafik. Igennem planlægningen kan der fastlægges en rutereservationsplan med stillingstagende til linieføring for den fremtidige kollektive trafik, dvs. til betjening af eksisterende og nye boligområder samt principper for ruteføring.

2.1 KØREPLANLÆGNING I MOVIA

Dette afsnit er skrevet på baggrund af et interview med plankoordinatorer for linie 5A Erik Hjulmand onsdag den 1. april 2009. Processen i planlægningen af køreplaner fra ønske til realisering involverer flere aktører. Dette besværliggør udarbejdelsen af køreplaner, der har optimale køretider, idet mange interesser skal tilgodeses. I hovedstadsområdet er der udover Movia involverede parter fra kommuner, regioner og busvognmænd (Movia, 2009d). Endvidere skal der kommunikeres med andre trafikaktører såsom DSB og Metroselskabet. Sammenhæng i det kollektive trafiknet kræver samarbejde på tværs af aktørerne, og derfor arbejder Movia i tæt dialog med kommuner og regioner om planlægning og bestilling af den lokale og regionale trafik i hovedstadsområdet. Den lokale trafikbetjening skal være sammenhængende med den overordnede kollektive trafik og tilbyde borgerne transportmuligheder til lokale rejsemål. Samarbejdet skal sikre følgende at (Movia, 2007, s. 2):

- Bestillingen så vidt muligt tilgodeser det serviceniveau og de transportbehov, de enkelte kommuner og regioner ønsker at stille til rådighed for deres borgere.
- Bestillingen koordineres med øvrige berørte kommuner og regioner.
- Ændrings konsekvens for passagererne og dermed for økonomien er kendt af kommuner og regioner.
- Bestillingen er driftsøkonomisk effektiv.

Movia anbefaler, at såvel kommune som region minimum har én medarbejder, der i dialog med Movia formulerer hvilken busbetjening, kommunen og regionen ønsker at stille til rådighed for borgere i de pågældende områder. Disse kontaktmedarbejdere skal have forståelse for trafikplanlægning generelt og kollektiv trafik i særlig grad, og yderligere indsamle ønsker fra borgere, virksomheder og institutioner. Endelig skal de koordinere kollektiv trafik med kommunes øvrige planlægning og sikre, at de nødvendige politiske beslutninger træffes. (Movia, 2007, s. 3)

Kommunikation med Movia foregår via områdekontorer, som har organiseret sig i geografiske enheder, såsom hovedstaden og omkringliggende kommuner. Disse er aktive samarbejdspartnere for kommunen og bidrager til at sikre driften, optimere trafikbetjeningen og udvikle den kollektive trafik. Områdekontorenes ressourcer dækker over planlægning, driftsopfølgning og analysekompetencer.

2.1.1 KOMMUNERNES OG REGIONERNES BESTILLING AF TRAFIK

Planlægning af køreplaner tager typisk udgangspunkt i de eller den eksisterende betjening og dermed i de eller den gældende køreplan. Uanset hvilke ændringer kommunen eller regionen ønsker foretaget, skal de ske indenfor rammerne af eksisterende kontraktlige

bindinger, hvilke skyldes, at Movia er bundet af kontrakter med busentreprenørerne (Movia, 2009d). Ivørigt er dette gældende indenfor både en kontraktperiode og ved genudbud af kørslen. I de eksisterende kontrakter er der flere bindinger, som alle har til formål at minimere entreprenørernes økonomiske risiko. Derfor bidrages der til at holde priserne på vogntimer nede. Ønsker kommunen eller regionen alligevel at foretage ændringer i kontraktperioden, der rækker udover de konkrete betingelser nedfældet i den givne kontrakt, forhandler Movia med de pågældende busvognmænd (Movia, 2007, s. 9).

Fordelene ved at tage afsæt i de eksisterende køreplaner ligger i, at Movia lettere kan bevare overblikket over ændringer og konsekvenser. Det anbefales, at kommunerne i bestilling af trafik tager hensyn til nabokommunernes ønsker ud fra hensynet til sammenhæng og helhed i det samlede system. Når regionerne bestiller trafik skal ændringerne af de regionale buslinier koordineres med de berørte kommuner, hvori trafikken foregår. På baggrund af ønskerne fra de forskellige kommuner og regioner, er det Movias ansvar at sikre såvel den overordnede sammenhæng og den driftsmæssige sammenhæng i den givne betjening (Movia, 2009d). Arbejdet bliver besværliggjort, hvis især kommunerne ikke er indstillet på at medvirke til at skabe sammenhæng mellem deres bestillinger.

FRA ØNSKE TIL BESTILLING

Kommuner og regioner drøfter deres ønsker til betjening med Movia, inden de formulerer en bestilling. Movias rolle i denne sammenhæng er at vurdere de servicemæssige og økonomiske konsekvenser af ønsker samt ligeledes at koordinere og informere på tværs af kommuner og regioner, for derved at konkretisere ønskerne i den mest optimale busdrift. Alt dette sikrer, at parterne kender de servicemæssige og økonomiske konsekvenser ved bestillingen af buskørslen.

Opstår der konflikt mellem to eller flere kommuner og/eller regioner, er det Movia, der formulerer kompromisløsninger og gennem forhandling søger konsensus (Movia, 2009d). Den endelige køreplan forudsætter, at kommuner og regioner tilslutter sig løsningen og uden dette, kan den ikke gennemføres. Visse ændringer i køreplaner er dog nødvendige, og her må hensynet til borgernes transportbehov vægtes højst, hvilket kraftigt ansporer de berørte parter til at nå til enighed.

På baggrund af alle bestillingerne fra kommunerne og regionerne udarbejder Movia de endelige linie- og køreplaner.

2.1.2 KONTRAKTER MED ENTREPRENØRERNE

I loven om trafikselskaber findes der to udbud af rutekørsel hhv. almindelig og speciel. Den almindelige er rutekørsel, som alle borgere kan benytte sig af, men til denne hører også individuel handicapbefordring til fritidsformål for svært bevægelseshæmmede samt

Køreplanlægning

transport af passagerer for jernbanevirksomheder og luftfartsselskaber, der er ramt af trafikforstyrrelser. Den almindelige rutekørsel omfatter bl.a. service- og telebusser, lokalruter og 'åbne' skolebusser, som kan benyttes af alle borgere. Den specielle er rutekørsel, der ikke kan benyttes af alle borgere, f.eks. 'lukkede' skolebusser (Movia, 2007, s. 50).

Mens kommuner og regioner selv vælger, hvem der skal varetage den specielle rutekørsel, er det Movia, som har ansvaret for at udbyde almindelig rutekørsel. Movia gennemfører udbud i henhold til EU's bestemmelser og indgår kørselskontrakter med de entreprenører, der vinder licitationen (Jensen, 2007, s. 14). Movias kontrakter med entreprenørerne forløber normalt i seks år, men de kan forlænges i op til yderligere to år, hvis særlige forhold gør det hensigtsmæssigt. Når en kontrakt på kørsel i et område udløber, genudbyder Movia kørslen evt. med visse justeringer.

Det skal sikres, at opgaven med rutekørsel løses på den bedst mulige måde inden for de gældende økonomiske rammer. Et af Movias midler til dette, er netop at skabe konkurrence gennem udbud. Movia har en udbudsstrategi, som skal sikre, at kommunen og regionen får mest muligt for pengene, og at borgerne får et attraktivt kollektivt transporttilbud. Følgende strategi danner grundlag for Movias udbud (Movia, 2007, s. 51):

- Vælg bedste og billigste tilbud (økonomisk mest fordelagtige)
- Sikre løbende konkurrencer på pris og kvalitet
- Attraktivt for store og små selskaber
- Kontinuitet og respekt for arbejdsdelingen
- Effektiv ressourceudnyttelse med indbygget fleksibilitet
- Hensyn til medarbejdere
- Høj kvalitet i hele kontraktperioden
- Udbud i overensstemmelse med Movias strategi

FASTSÆTTELSE AF MINUTTAL

Selve fastlæggelsen af minuttallene i køreplanerne sker i forhandling mellem Movia og entreprenørerne (Movia, 2009d). Kommunerne og regionerne har i denne henseende ingen direkte indflydelse, da de kun skal bestemme omfanget af kørselsdriften og på baggrund af denne, er det Movias opgave at sørge for, at de får den mest optimale kørsel for pengene. Movia kommer med et udspil til minuttallene i køreplanerne, og herefter skal disse forhandles på plads med entreprenørerne. Er det entreprenørernes vurdering, at de angivne minuttal ikke er tilstrækkelige, prøver de to parter at nå til enighed via "studehandler" (Movia, 2009d).

ÆNDRINGER I EN KONTRAKTPERIODE

Der er forskellige bestemmelser for, hvor meget Movia kan ændre kørsel i en kontraktperiode. Kørselsomfanget kan ved det enkelte køreplansskift ændres +/- syv en halv pct. i forhold til den, i kørselsaftalen, oprindelige kørselsmængde. I hele kontraktperioden kan kørselsomfanget ændres med +/- 20 pct. Busantallet kan ved hvert køreplansskift reduceres med én driftsbuss for hver påbegyndt 20 driftsbusser, mens der i hele kontraktperioden kan reduceres med tre driftsbusser for hver påbegyndt 20 driftsbusser i forhold til den angivne kontrakt.

Hvis der på konkrete afgange observeres, at passagerer bliver efterladt pga. for lav kapacitet, kan der indgå en ekstrakørselsaftale med den pågældende entreprenør om at indsætte en dublingsbuss. Ligeledes kan der ved vejarbejde, offentlige arrangementer mv. aftales ekstrakørsel, hvis dette skulle være nødvendigt. (Movia, 2007, s. 57)

KVALITET I BUSDRIFTEN

Entreprenøren tilskyndes til at levere høj kvalitet ved hjælp af økonomiske incitamenter i form af bod og bonus, som er fastsat ud fra objektive kriterier og fastlagte målemetoder (Jensen, 2007, s. 14). Det er passagerernes oplevelse af kvalitet, der afgør om de individuelle rutetilbud er attraktive, så derfor er det vigtigt, at de fastsatte kvalitets- og service-niveauer er synlige og stemmer overens med kommunens og regionens ønsker. I hele kontraktperioden foretager Movia målrettet kontrol og tæt opfølgning af busdriftens kvalitet, og på baggrund af denne, udarbejdes der bl.a. også kundepræferenceanalyser, der viser hvor tilfredse passagererne generelt er med busdriften i hovedstadsområdet (Movia, 2009d).

De enkelte entreprenører kan byde med kvalitetsindeks, der er højere end kravene fastsat i kontraktaftalen. Viser kundernes tilfredshed sig at være større end det tilbudte kvalitetsindeks, vil entreprenøren få udbetalt en bonus og får ret til at forlænge kontrakten med yderligere to år. Er kunderne utilfreds, skal entreprenøren derimod betale en bod. Som det fremgår af kundepræferenceanalyserne i Movias Forretningsplan for 2008 til 2010, er passagererne rimelig tilfredse med kvaliteten (Movia, 2008a, s. 18).

CHAUFFØRERNES INDFLYDELSE

Entreprenørernes chauffører er Movias ansigt udadtil, da de er i direkte kontakt til kunderne. Chaufførerne har kendskab til bussernes benyttelse og kan derfor bidrage til at formidle kundernes ønsker til betjeningen. På baggrund af chaufførernes viden afholder Movia regelmæssigt køreplanmøder med entreprenørerne og chauffører om forslag til optimering af driften (Movia, 2009d). Kommunerne og regionerne kan efter eget ønske deltage i disse møder, hvis de har behov for at konkretisere deres ønsker og drøfte hvordan disse udmøntes mest effektivt.

3 VARIATION I REJSETIDEN

Der er foretaget to statistiske undersøgelser af variationen af rejsetiden samt spredningen af GPS-data fra mandag til fredag. For at få et generel billede af rejsetid og spredning, er der udført deskriptive analyser på dataene. Da disse analyser ikke kan bruges til at sige noget statistisk om forholdet imellem rejsetiderne og spredningerne, er der yderligere udført analytiske analyser på dataene. Disse analyser kan direkte bruges til at kvantificere dataene og på den måde afgøre, om der er statistisk grundlag for at have forskellige køreplaner på hverdage mandag til fredag.

3.1 DATAGRUNDLAGET

Analyserne af variationen af rejsetid og spredningen af GPS-data er foretaget på data fra ABIT-systemet på linie 5A. Analyserne er foretaget ved at sammenstille de gennemsnitlige rejsetider for hverdage i november måned 2008. De gennemsnitlige rejsetider er foretaget ud fra halvtimes bånd i tidsrummet fra kl. 5:00 til kl. 20:00, jf. tabel 1. På grund af færre data analyseres der ikke på halvtimes bånd i tidsrummet fra kl. 4:00 til kl. 5:00 og fra kl. 20:00 til kl. 24:00. Rejsetiderne opgøres her i den samlede tidsperiode.

Tidsrum	Delstrækning			Linien		
	Målinger	Gns. rejsetid	Spredning	Målinger	Gns. rejsetid	Spredning
0:00; 4:59	0	0		8	47,35	2,32
5:00; 5:29	9	11,867	0,93	8	45,45	0,92
5:30; 5:59	9	12,15	0,88	9	46	1,77
6:00; 6:29	9	12,133	1,09	9	48,467	2,68
6:30; 6:59	9	13,85	1,49	20	50,737	4,07
7:00; 7:29	14	13,367	1,03	24	54,883	2,99
18:00;18:29	18	14,9	1,15	11	53,7	2,65
18:30;18:59	15	14,617	1,5	13	51,6	3,41
19:00;19:29	12	13,733	0,99	11	48,95	1,68
19:30;19:59	10	13,133	0,7	9	48,067	2,02
20:00;23:59	75	12,45	1,18	55	46,667	2,35

Tabel 1. Eksempel på data fra linie 5A, mandage i retning mod Husum Torv, jf. bilags-cd'en.

Tabel 1 repræsenterer de data fra ATP-modulet, der er hentet fra GPS-registreringerne på linie 5A og eksporteret til Excel. Der er foretaget analyser af både strækningen fra Sundbyvester Plads til Husum Torv og delstrækningen fra Nørrebro Station til Husum Torv. Der er i alt 32 tidsbånd henover døgnet, jf. bilags-cd'en.

Variation i rejsetiden

Indenfor det enkelte tidsbånd er antallet af målinger, gennemsnitlig rejsetid og standard afvigelse medtaget. Det skal nævnes, at de gennemsnitlige rejsetider er opgjort i hele minutter, jf. tabel 1. I dataudtrækket, bilags-cd'en, findes der også oplysninger om gennemsnitlig rejsetid oprundet til hele minuttal, men disse benyttes ikke i analyserne, hvorfor de ikke er medtaget i tabel 1 ovenfor. Antallet af målinger bruges i forbindelse med den analytiske statistik, hvor der foretages middelværditests på baggrund af udregnede konfidensintervaller. Standardafvigelsen angiver de enkelte registreringers spredning indenfor det enkelte tidsbånd.

Antallet af data varierer på delstrækningen samt for hele linien på de respektive hverdage i den pågældende måned, jf. tabel 2. Det totale antal af registreringer på delstrækningen Frederikssundsvej i nordvestlig retning fra Nørrebro Station til Husum Torv er 3.456, mens der i modsat retning fra Husum Torv til Nørrebro Station er registreret 4.117 målinger. På linien i retning fra Sundbyvester Plads mod Husum Torv foreligger der 3.547 målinger, mens der i sydøstlig retning fra Husum Torv til Sundbyvester Plads er registreret 4.134 målinger.

	<i>Nørrebro St. til Husum Torv</i>	<i>Sundbyvester Pl. Til Husum Torv</i>
<i>Mandage</i>	639 (1 måling er frasortet)	581 (1 måling er frasortet)
<i>Tirsdage</i>	645 (1 måling er frasortet)	604 (1 måling er frasortet)
<i>Onsdage</i>	849 (2 målinger er frasortet)	789 (2 målinger er frasortet)
<i>Torsdage</i>	877 (3 målinger er frasortet)	794 (3 målinger er frasortet)
<i>Fredage</i>	846 (6 målinger er frasortet)	779 (6 måling er frasortet)
	<i>Husum Torv til Nørrebro St.</i>	<i>Husum Torv til Sundbyvester Pl.</i>
<i>Mandage</i>	675 (ingen er frasortet)	663 (ingen er frasortet)
<i>Tirsdage</i>	687 (ingen er frasortet)	675 (ingen er frasortet)
<i>Onsdage</i>	921 (1 måling er frasortet)	898 (1 målinger er frasortet)
<i>Torsdage</i>	936 (2 målinger er frasortet)	914 (2 målinger er frasortet)
<i>Fredage</i>	898 (ingen er frasortet)	984 (ingen er frasortet)

Tabel 2. Antal af registreringer til brug i dataarbejdet, november måned 2008.

3.1.1 FRASORTERING AF DATA

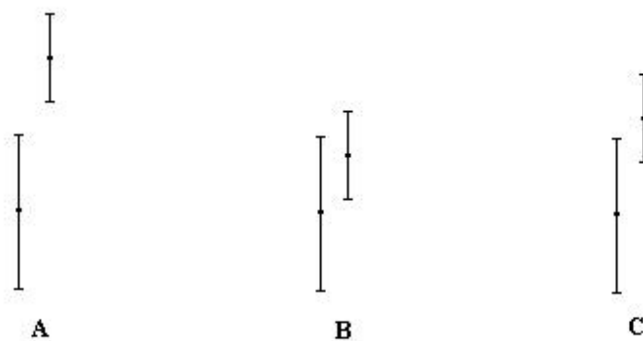
Dataene er 'renset' for alle ture, hvor der er negative (eller nul) rejsetider mellem stoppestederne samt de strækninger, hvor rejsetiden er over en maksimal eller minimal værdi. Disse øvre og nedre grænseværdier er medtaget for at sikre mod enkelte hændelser, såsom fejl i ABIT-systemet, uheld eller vejarbejde, som kan have haft stor indflydelse på variationen af den gennemsnitlige rejsetid og spredning i den betragtede periode. I tabel 2 fremgår det hvor mange enkelte målinger, der er frasortet. Den øvre og nedre grænseværdi er valgt ud fra hensynet til, at rejsetiden på de analyserede strækninger ikke må overskride +/-50 pct. af den planlagte rejsetid og derved ikke vil repræsentere normalen.

Det fremgår af tabel 2, at det er et forholdsvis lille antal registreringer, der er frasortet. I hvert af dataudtrækkene udgør disse under en pct. af de samlede antal målinger for hhv. delstrækningen på Frederikssundsvej og hele linien fra Sundbyvester Plads til Husum Torv. Det skal nævnes, at de data der frasorteres i det enkelte udtræk, som f.eks. Nørrebro Station til Husum Torv også skal frasorteres i de øvrige udtræk. Dette skyldes, at turene ”går igen” ved alle dataudtrækkene.

3.1.2 STATISTISKE SAMMENHÆNGE

Som tidligere beskrevet er det nødvendigt at tage stilling til, om de statistiske karakteristika er valide eller signifikante, for derved at kunne kvantificere resultaterne. Det er dermed ikke nok kun at se på den beskrivende statistik, som netop ikke refererer til den bagvedliggende population. I forhold til at kvantificere resultaterne er der valgt at fokusere på konfidensintervaller omkring middelværdierne.

Til at vurdere de signifikante sammenhænge eller manglen på samme, udføres der Eye-ball Tests, jf. figur 4. Dette er en nem metode til at sammenligne middelværdier af to eller flere uafhængige grupper. Det er dermed ikke fundet nødvendigt at foretage parametriske middelværditests for hver gruppe, da en forskel i konfidensintervallerne alene vil give udslag i en signifikant forskel (Madsen, 2009). Endnu en fordel ved Eyeball Testen er, at den giver en god visuel fortolkning af resultaterne, som kan bruges til præsentationer på et nemt og forståeligt sprog, hvilket netop er en fordel overfor busentreprenørerne og medarbejdere ved kommunen og regionen.



Figur 4. Eyeball Test til vurdering af forskel i middelværdier (Dawson, B et al. 2000, s. 136).

Dét, der gøres teoretisk, er at sammenligne middelværdierne af rejsetiderne for hver hverdag i den pågældende måned på den enkelte strækning. Heri undersøges det, hvorvidt der er signifikant forskel på de gennemsnitlige rejsetider henover det enkelte døgn og henover hverdagene mandag til fredag (Dawson, B et al. 2000, s. 134).

Dét, der imidlertid gøres praktisk, er at vurdere, om konfidensintervallerne overlapper hinanden. Overlapper toppen af det ene konfidensinterval ikke bunden af det næste, som

Variation i rejsetiden

det er tilfældet i situation A, opstår en situation, hvor der med det angivne konfidensniveau γ sikkerhed (ønskede sandsynlighed for signifikant forskel, evt. 95 pct.) kan konkluderes, at middelværdierne i de to grupper er signifikant forskellige, jf. figur 4. Situation B og C indikerer begge, at der med de givne observationer ikke kan dokumenteres nogen statistisk signifikant forskel på middelværdierne imellem grupperne (Madsen, 2009). Så længe konfidensintervallerne overlapper hinanden, er der ikke forskel ved konfidensniveauet γ . Konfidensintervallerne findes ved formlen:

$$\text{konfidensinterval} = \text{middelværdi} \pm \text{antal data relateret til konfidensniveauet} \times \text{standard afvigelse}$$

VALG AF SIGNIFIKANTNIVEAU

Signifikantniveauet α , som beskriver sandsynligheden for at forkaste nulhypotesen selv om den faktisk er sand, er valgt til 0,1 svarende til et konfidensniveau γ på 0,9. Grundet antallet af data i hvert tidsbånd på de respektive hverdage er der valgt et lavere konfidensniveau γ (og dermed et højere signifikantniveau α) end 0,95. Desto lavere konfidensniveau jo større er sandsynligheden for at acceptere en signifikant forskellighed. Det har været diskuteret, om et konfidensniveau γ på 0,85 skulle anvendes, men dette havde betydet større usikkerhed i konklusionerne. Dermed er der altså valgt et signifikantniveau α svarende til, at sandsynligheden for et rigtigt resultat er 90 pct. I forhold til antallet af data er problemet, at der i flere af tidsbåndene er registreret under 25 målinger, jf. Bilags-cd'en.

KORREKT STATISTISK GRUNDLAG

Da konfidensintervallerne baserer sig på middelværditests, bør der i princippet altid foretages normalitetstests og varianshomogenitetstests. Det er vigtigt at slå fast, at dette netop er et kritikpunkt, der kan rettes mod denne metode til fremvisning af variationen af rejsetiden, idet sådanne ikke foretages. For at vurdere det statistiske grundlag undersøges der i stedet på antallet af målinger. Testen har nemlig vist sig robust for ikke-normalfordelte data, når antallet af målinger er 25 eller derover (Madsen, 2009). Yderligere kan der i flere lærebøger findes, at kravet om normalfordeling bortfalder, når antallet af data er over 25 (Thorndahl, 2007). Samtidig kan der ses bort fra kravet om varianshomogenitet, hvis dataene i hvert datasæt har samme størrelse og er større end 25. Det fremgår af Bilags-cd'en, at data i hvert tidsbånd ikke altid overholder dette, og dermed skal køreplanlæggere være påpasselige med at konkludere på baggrund af disse resultater.

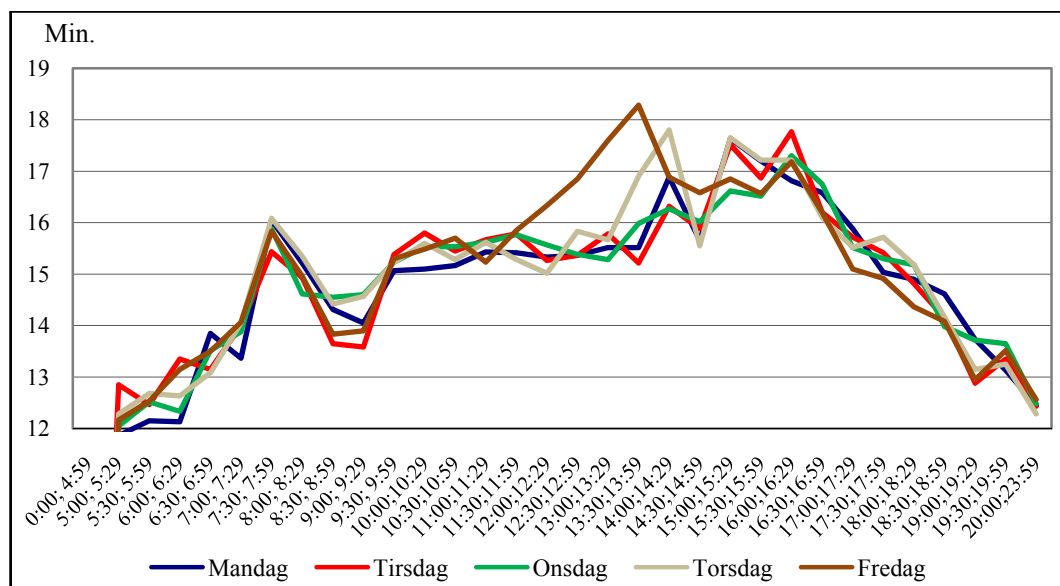
En måde, hvorpå der i højere grad kunne sikres for normalitet og varianshomogenitet, er at vælge tidsbånd længere end en halv time. Hvis der i stedet analyseres på heltimes bånd vil antallet af data oftere og i de fleste tilfælde være over 25. Samtidig vil der være større sandsynlighed for, at antallet af data i hvert tidsbånd har samme størrelse, hvilket vil gøre det hurtigere at konkludere på varianshomogeniteten. En anden metode til vurdering kunne foretages ved nonparametriske tests, hvor kravene til normalitet helt bortfalder.

3.2 DESKRIPTIV STATISTIK

I det følgende gives en vurdering af den beskrivende statistik. Variationen er særskilt opgjort på fire strækninger, hhv. delstrækning i nordvestlig og sydøstlig retning samt hele linien i nordvestlig og sydøstlig retning. Sammenligningen af variationen af såvel rejsetid og spredning er opgjort visuelt ved grafer, og da der er fire strækninger, der hver især er analyseret, kan samtlige grafer ikke medtages, hvilket fremgår bilags-cd'en. Yderligere er det ikke fundet nødvendigt at beskrive alle resultater af variationen, da kræfterne er lagt på analyser af den analytiske statistik. Alle variationer fremgår af bilags-cd'en.

EKSEMPEL PÅ RESULTATER FRA DEN BESKRIVENDE STATISTIK

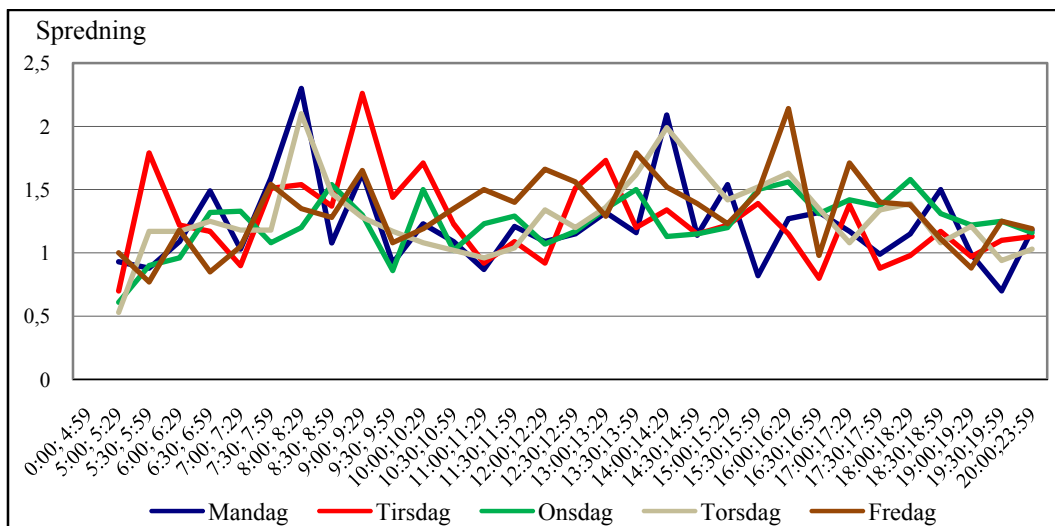
I det følgende beskrives hvilke oplysninger om variationen af rejsetid og spredning, der er indlagt på bilags-cd'en. Der er valgt at give et eksempel af delstrækningen på Frederikssundsvej i retning fra Nørrebro Station til Husum Torv. Den første graf viser de gennemsnitlige rejsetider fra mandag til fredag, og det fremgår af figur 5, at der ikke er så stor variation af rejsetiden henover døgnet. Fredag adskiller sig dog i tidsrummet fra 13:30 til 14:00, hvor rejsetiden topper ca. to timer før de øvrige hverdage. Generelt ses, at rejsetiderne i eftermiddagsspilstimen er højere end morgenspidstimen. I morgenspidstimen topper de gennemsnitlige rejsetider indenfor samme minuttal, jf. figur 5.



Figur 5. Gennemsnitlige rejsetider for delstrækningen Frederikssundsvej, jf. bilags-cd'en.

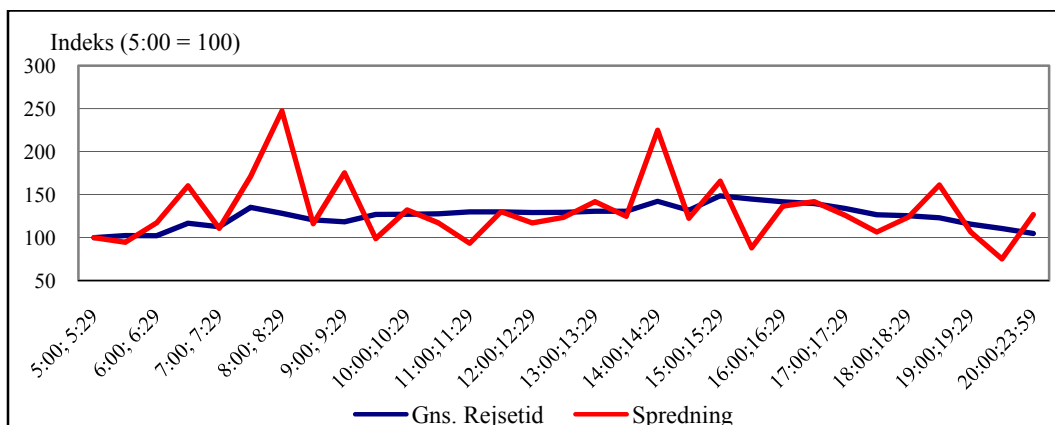
Anskues spredningen af rejsetiderne bemærkes det, at der ikke er nogen entydige tendenser, jf. figur 6. Det bemærkes dog, at spredningen i spidstimen, både om morgenen og om eftermiddagen varierer mere og er større end de resterende timer af døgnet. Mandag og tirsdag adskiller sig ved at have spredninger i morgenspidstimen, der er højere end de andre tre hverdage. Fredag har højere spredning i eftermiddagsspilstimen, jf. figur 6.

Variation i rejsetiden

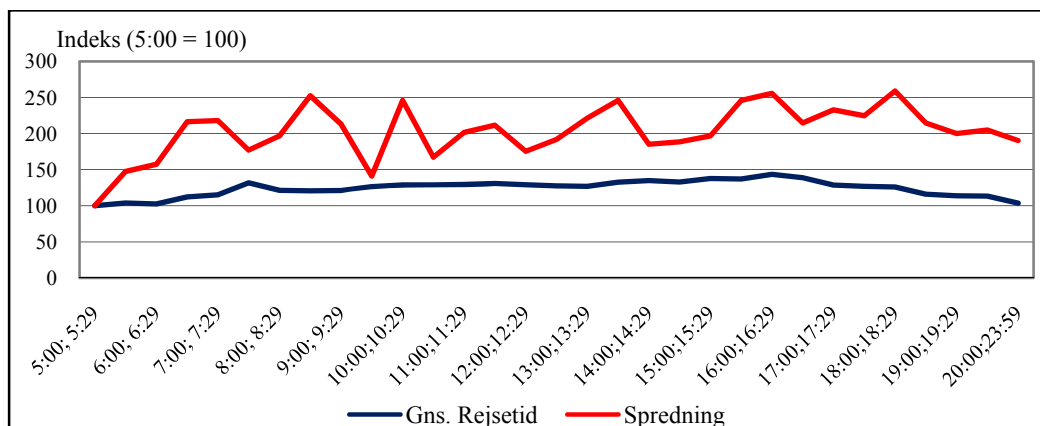


Figur 6. Spredningen af rejsetider for delstrækningen Frederikssundsvej, jf. bilags-cd'en.

På hvert regneark i bilags-cd'en fremgår også oplysninger om, hvordan spredningen udvikler sig i forhold til gennemsnitlig rejsetid henover det enkelte døgn af hverdagen. Herunder er medtaget to grafer af hhv. mandag og onsdag, jf. figur 7 og figur 8.



Figur 7. Spredningens udvikling omkring rejsetiden for mandage i november måned.



Figur 8. Spredningens udvikling omkring rejsetiden for onsdage i november måned.

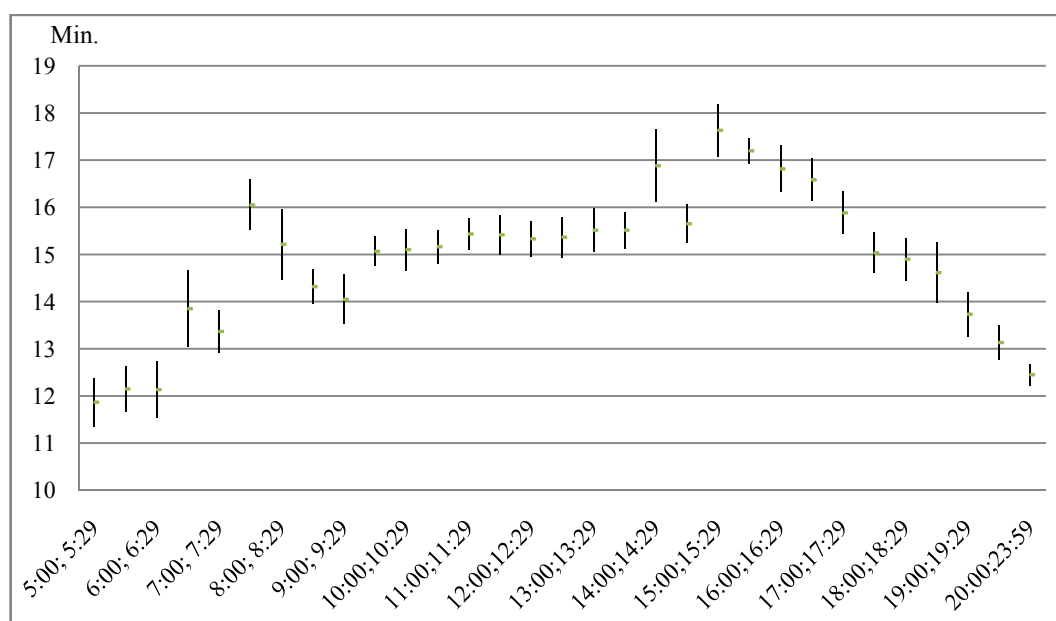
Det fremgår af figur 7 og figur 8, at spredningen i forhold til gennemsnitlig rejsetid på onsdage procentvis er større, end det er tilfældet om mandage. Dog ses det, at mandage har større variationer, ikke mindst i spidstimen om morgenen og eftermiddagen. Det fremgår af bilags-cd'en, at tirsdage har store variationer i de tidligere timer af døgnet. Torsdage har procentvis væsentlige større variationer end de øvrige hverdage. Udviklingen af spredningen på fredage følger pænt den gennemsnitlige rejsetid, jf. bilags-cd'en. De resterende analyser fremgår af hovedrapporten og bilags-cd'en.

3.3 ANALYTISK STATISTIK

Som ved den beskrivende statistik, er hver analyse af gennemsnitlig rejsetid ikke medtaget. Disse findes på bilags-cd'en. Tilsvarende med de beskrivende analyser vil der i det følgende gives et eksempel på hvilke oplysninger om statistiske forhold, der er indeholdt på bilags-cd'en. De følgende analyser kvantificerer værdien af rejsetid og kan derved bruges til direkte sammenligning med andre tilsvarende analyser af rejsetider.

EKSEMPEL PÅ RESULTATER FRA DEN ANALYTISKE STATISTIK

Der er igen valgt at give et eksempel af resultatet fra mandage på delstrækningen fra Nørrebro Station til Husum Torv. Variationen i rejsetiden henover døgnet opgjort ved Eye-Ball Testen fremgår af figur 9, og det bemærkes ikke overraskende, at den analytiske analyse er sammenfaldende med den, i figur 5, beskrevne analyse. Det ses ligeledes, at størrelsen af konfidensintervallet er størst i tidspunkterne omkring kl.8 og kl. 14, hvor spredningen netop er størst, jf. figur 6. Med det angivne signifikantniveau på 0,1 findes der signifikante forskelle i gennemsnitlig rejsetid mellem seks tidsbånd, jf. tabel 3.



Figur 9. Variationen i rejsetid mandage på delstrækningen Frederikssundsvej, jf. bilags-cd'en.

Variation i rejsetiden

Tidsbånd	"Gab" i interval
6:00; 6:29 til 6:30; 6:59	-0,30
7:00; 7:29 til 7:30; 7:59	-1,70
9:00; 9:29 til 9:30; 9:59	-0,18
13:30;13:59 til 14:00;14:29	-0,22
14:30;14:59 til 15:00;15:29	-1,02
19:30;19:59 til 20:00;23:59	-0,10

Tabel 3. Signifikante forskelle i rejsetider, jf. bilags-cd'en.

De signifikante sammenhænge kan findes ved at beregne differencen mellem toppen af det forrige tidsbåndsinterval og sammenligne det med bunden af det næste, eller ved at beregne differencen mellem toppen af det næste tidsbåndsinterval og sammenligne det med bunden af det forrige, jf. figur 10. Resultaterne af analyserne kan findes på bilags-cd'en.

KONFIDENSINTERVAL										
	N	O	R	S	T	U	V	W	X	Y
5	Tirsdag									
6	Tidsrum	Antal målinger	Gns. Rejsetid	Spredning	Konfidensinterval	Nedre	Øvre	Gns. Rejsetid	Identifikation	Identifikation
7	0:00; 4:59;	0	0					0		
8	5:00; 5:29;	9	12,85	0,7	0,38379918	12,4662	13,2338	12,85	1,748561844	0,981895177
9	5:30; 5:59;	9	12,46666667	1,79	0,981429331	11,48524	13,4481	12,46666667	0,767003139	2,533669806
10	6:00; 6:29;	9	13,35	1,22	0,668907142	12,68109	14,01891	13,35	1,549313127	1,149313127
11	6:30; 6:59;	8	13,15	1,17	0,680405985	12,46959	13,83041	13,15	0,212635427	1,912635427
12	7:00; 7:29;	15	14	0,9	0,382229442	13,61777	14,38223	14	=V12-U13	2,302662103
13	7:30; 7:59;	26	15,43333333	1,51	0,487099328	14,94623	15,92043	15,43333333	1,483876125	0,483876125
14	8:00; 8:29;	26	14,93333333	1,54	0,496776798	14,43656	15,43011	14,93333333	2,260547172	-0,306119495
15	8:30; 8:59;	22	13,65	1,37	0,480437041	13,16956	14,13044	13,65	1,305908518	1,172575184
16	9:00; 9:29;	24	13,58333333	2,26	0,75880481	12,82453	14,34214	13,58333333	-0,536210271	3,063789729
17	9:30; 9:59;	22	15,38333333	1,44	0,504984919	14,87835	15,88832	15,38333333	0,702099647	1,535432981
18	10:00; 10:2	21	15,8	1,71	0,613781395	15,18622	16,41378	15,8	1,427928416	0,727928416
19	10:30; 10:5	19	15,45	1,23	0,464147021	14,98585	15,91415	15,45	0,570109609	1,003442942
20	11:00; 11:2	22	15,66666667	0,92	0,322629254	15,34404	15,9893	15,66666667	0,57980609	0,813139423

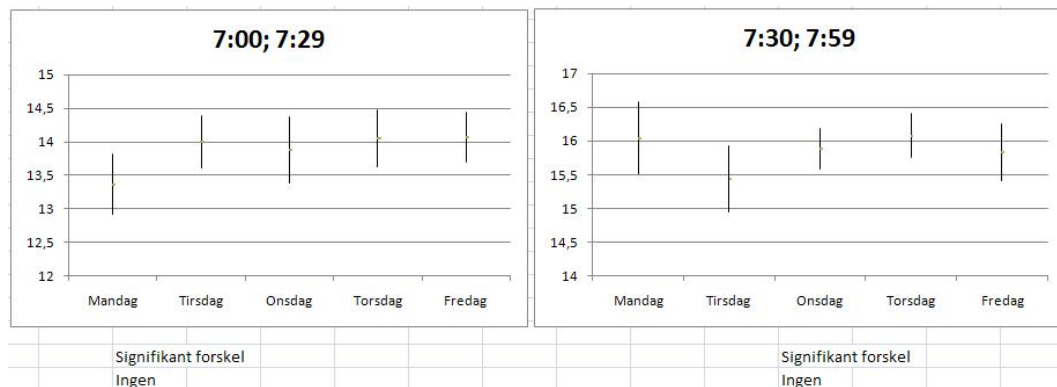
Figur 10. Eksempel på beregning af "gab" i tidsinterval på tirsdage, jf. bilags-cd'en.

Det interessante ved analysen af variationen af rejsetiden er imidlertid ikke indenfor det enkelte hverdagsdøgn men i de signifikante forskelle, der kan findes mellem hverdagene mandag til fredag. Det skyldes, som tidligere beskrevet, at dette kan indikere en nødvendighed i at have forskelle køreplaner mandag til fredag i bestemte tidsbånd. Da der er 32 grafer for hver analyse af de fire strækninger, et for hvert tidsbånd, medtages samtlige grafer ikke i det efterfølgende, jf. bilags-cd'en.

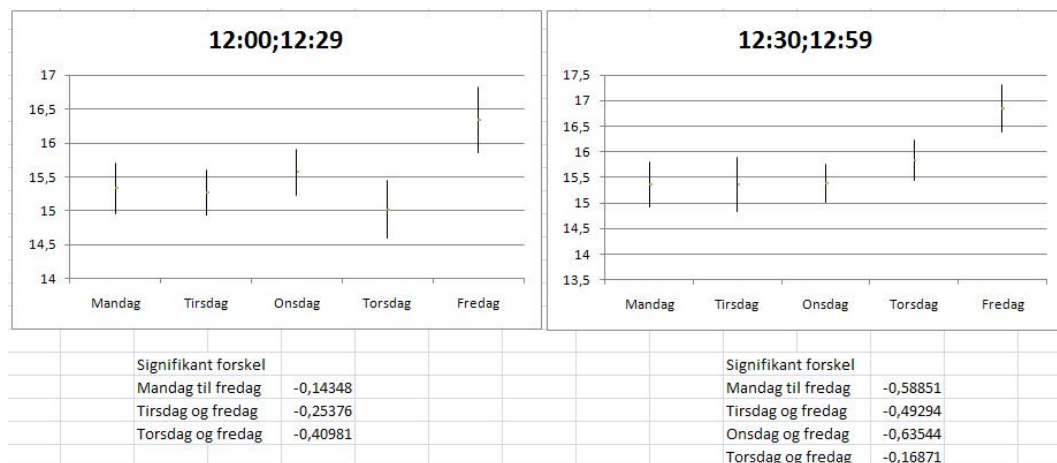
Figur 11 og figur 12 viser dog eksempler på, hvordan en fremstilling af signifikant forskel i gennemsnitlig rejsetid opgøres. Alle resultaterne kan findes på bilags-cd'en. For delstrækningen i retning mod Husum Torv viser resultaterne, at fredage varierer signifikant i tidsrummet fra kl. 12 til kl. 14. Yderligere kan det bemærkes, at torsdage varierer signifikant fra de øvrige hverdage i tidsrummet fra kl.14 til 16.

Variation i rejsetiden

At der er den klare tendens, at rejsetiderne topper to timer tidligere om fredage end de øvrige hverdage, er dog ikke overraskende, idet der ses en pendling mellem arbejde og hjem tidligere, hvilket igen er sammenhængen med de resultater, som den beskrivende statistik viser. Det fremgår desuden af figur 5, at variationen i rejsetiderne om torsdage er stor omkring kl. 14. De resterende analyser af variationen fremgår af hovedrapporten og bilags-cd'en.



Figur 11. Eksempel på signifikant forskel i rejsetid mellem hverdagene i de tidligere morgentimer.



Figur 12. Eksempel på signifikant forskel i rejsetid mellem hverdagene omkring middag.

4 OPTIMERING AF REJSETIDER

Med udgangspunkt i Kapitel 5 Problembeskrivelse, vil dette bilag gennemgå den metode, der udvikles i forbindelse med optimeringen af rejsetider i Movias køreplanlægning. Yderligere vil der foretages en vurdering af datagrundlaget til brug i metoden. I det følgende vil ordet model tages i anvendelse i stedet for metode, idet Movia udover en metode også får et redskab, de direkte kan anvende til sammenligning af planlagte og faktiske rejsetider på andre linier end, den i projektets undersøgte, linie 5A.

4.1 DATAGRUNDLAGET

Metoden til optimering af køreplantiderne er, som ved undersøgelserne af variationen, foretaget på baggrund af data fra ABIT-systemet på linie 5A, jf. Kapitel 7 Undersøgelse af variationen. Mens der anvendes samme tidsmæssig afgrænsning, vælges der imidlertid kun at se på delstrækningen Frederikssundsvej fra Nørrebro Station til Husum Torv. Dermed tages der udgangspunkt i GPS-data for hverdagene mandage til fredag på den respektive delstrækning fra november måned 2008 i tidsrummet fra kl. 4:00 til kl. 24:00.

Modellen vil i modsætning til undersøgelsen af variationen, der tog udgangspunkt i tidsbånd, tage udgangspunkt i hver enkelt rejserapport for de respektive busser. Dette skyldes, at modellen udregnet i Excel, har behov for de angivne data i tabel 4, idet der selvstændigt foretages beregninger af gennemsnitlig rejsetid og spredning ud fra differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid, jf. bilags-cd'en. Dertil kan det bemærkes, at data i øvrigt er opgjort på sekunder og ikke i hele minuttal.

<i>Tidspunkt</i>	<i>Faktisk rejsetid</i>	<i>Planlagt rejsetid</i>	<i>Difference</i>	<i>Plantider</i>
7:45;42	1033	960	-73	07:30
7:52;04	814	960	146	07:30
7:52;16	956	960	4	07:30
7:53;19	869	960	91	07:30
7:53;22	1031	960	-71	07:30
7:56;03	852	1020	168	07:54
7:56;30	1063	1020	-43	07:54
7:57;41	746	1020	274	07:54
7:59;09	856	1020	164	07:54
8:01;35	894	1020	126	07:54
8:01;49	764	1020	256	07:54

Tabel 4. Eksempel på data fra linie 5A, mandage i retning mod Husum Torv, jf. bilags-cd'en.

Optimering af rejsetider

Tabel 4 repræsenterer det dataudtræk, det er nødvendigt at få behandlet i ATP for derefter at blive eksporteret til Excel. Udover de planlagte rejsetider, er det nødvendigt med kendskab til de enkelte bussers rejsetider på et givet tidspunkt af døgnet, så der kan foretages sammenligning imellem disse. Plantiderne dækker over hvilket tidspunkt, køreplantiderne skifter, og som det fremgår af tabel 4, skal den planlagte rejsetid skifte fra 960 sek. (16 min.) til 1020 sek. (17 min.) kl. 7:54. Den første logning herefter foretages kl. 7:56;03.

På baggrund af, at der er benyttet samme tidsmæssig afgrænsning som ved undersøgelse af variationen, er antallet af data til brug i modellen for delstrækningen Frederikssundsvej det samme som angivet i Kapitel 7 Undersøgelse af variationen. Det fremgår af tabel 5, at det totale antal af registreringer fra Nørrebro Station til Husum Torv er 3.456, mens der i modsat retning mod Nørrebro Station er registreret 4.117 målinger. Ligeledes med variationen, er dataene ”renset” for alle ture, hvor der er negative (eller nul) rejsetider samt på de strækninger, hvor rejsetiden overskrider ± 50 pct. af den planlagte rejsetid. Derved fås samme antal frasorteret antal data som i Kapitel 7 Undersøgelse af variationen.

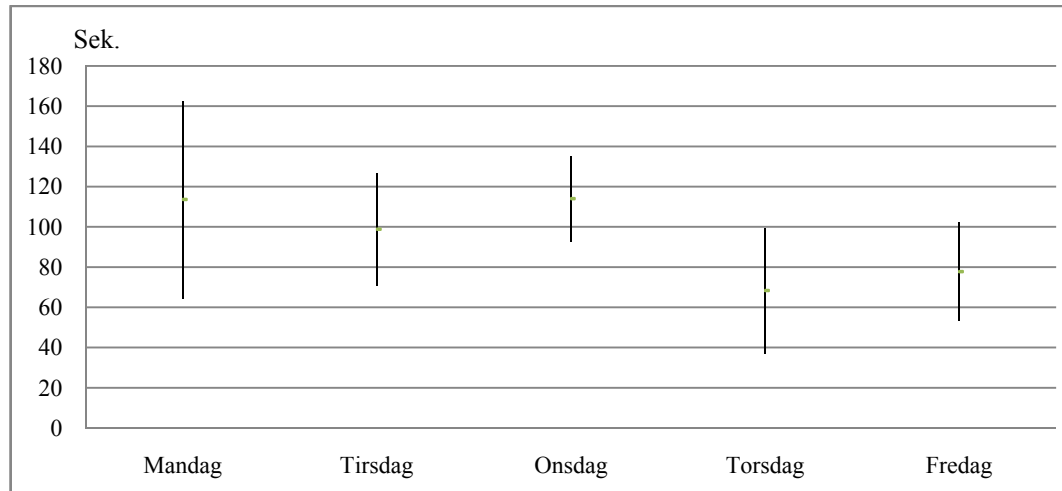
	<i>Nørrebro St. til Husum Torv</i>	<i>Husum Torv til Nørrebro St.</i>
<i>Mandage</i>	639 (1 måling er frasorteret)	675 (ingen er frasorteret)
<i>Tirsdage</i>	645 (1 måling er frasorteret)	687 (ingen er frasorteret)
<i>Onsdage</i>	849 (2 målinger er frasorteret)	921 (1 måling er frasorteret)
<i>Torsdage</i>	877 (3 målinger er frasorteret)	936 (2 målinger er frasorteret)
<i>Fredage</i>	846 (6 målinger er frasorteret)	898 (ingen er frasorteret)

Tabel 5. Antal af registreringer til brug i modellen, november måned 2008.

4.2 RESULTATERNE FRA MODELLEN

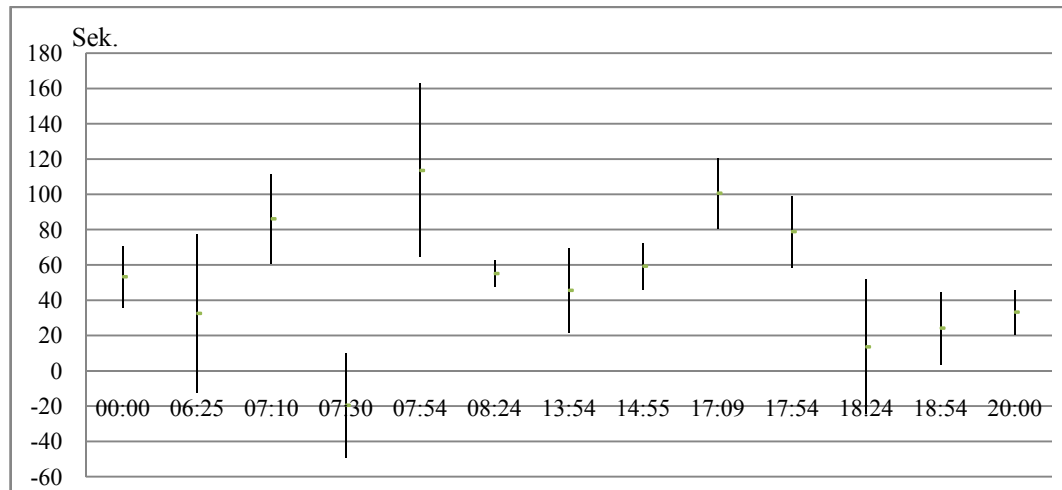
I det følgende vil resultaterne af forholdet imellem de planlægningsmæssige og faktiske rejsetider på de enkelte hverdage blive præsenteret, jf. figur 14 – figur 23. Resultaterne er særskilt opdelt på de to retninger hhv. fra Nørrebro Station til Husum Torv og fra Husum Torv til Nørrebro Station. På bilags-cd'en findes der yderligere oplysninger om forholdet pr. plantid hverdagene imellem. Et eksempel af disse i retning fra Nørrebro Station til Husum Torv fremgår af figur 13.

Om resultaterne opgøres, som det er vist i figur 13 eller figur 14 – figur 23, er i princippet ligegyldigt. Der opnås samme oplysninger om forholdet imellem planlægningsmæssige og faktiske rejsetider, men de bliver præsenteret på en anden måde. Da køreplantiderne skal vurderes for de enkelte hverdage er imidlertid valgt præsentationerne, vist fra figur 14 – figur 23. Fordelen ved præsentationen vist i figur 13 er, at Movia hurtigt kan få et indtryk af hvilken dag, hvori forskellen i den enkelte plantid er størst. En vurdering af resultaterne fremgår af hovedrapporten Kapitel 8 Redskab til optimering.

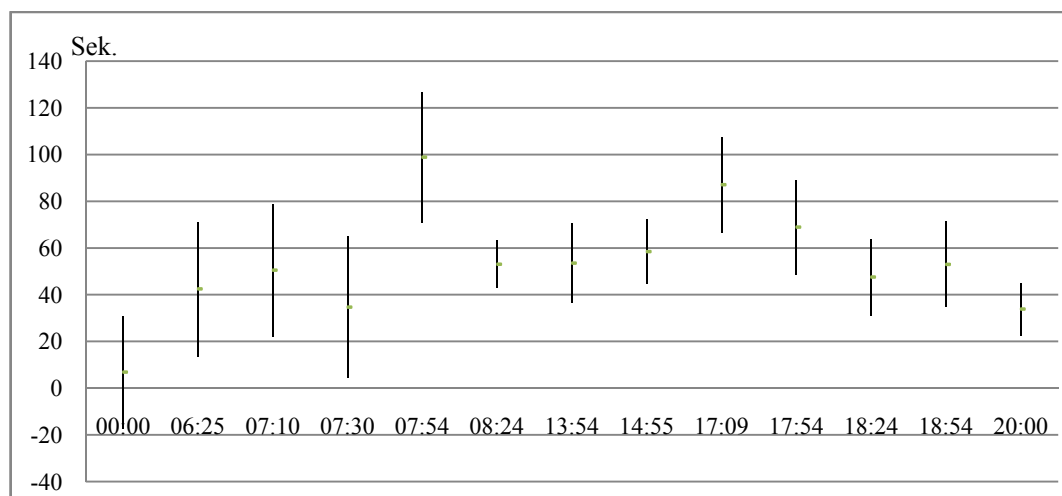


Figur 13. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid ved plantid 7:54, jf. bilags-cd'en.

4.2.1 RETNING FRA NØRREBRO STATION MOD HUSUM TORV

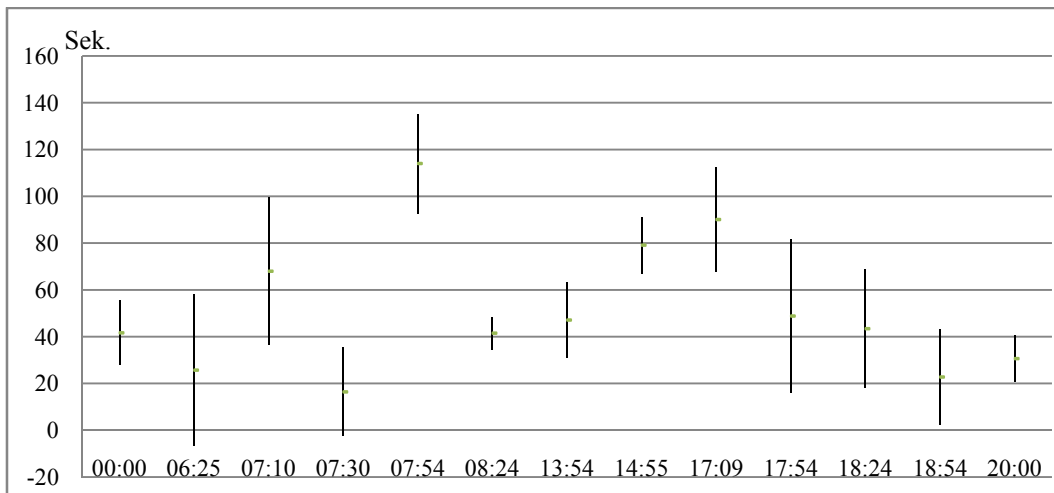


Figur 14. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på mandage, jf. bilags-cd'en.

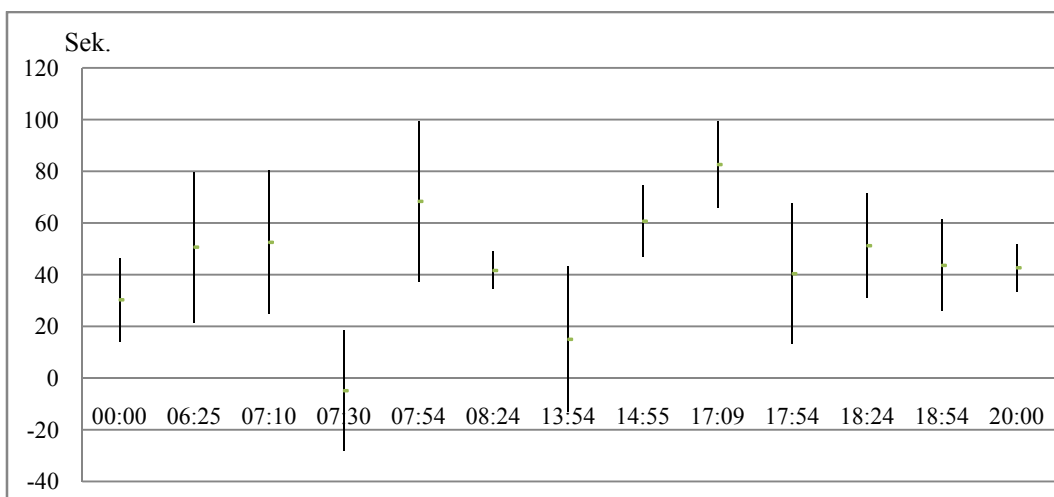


Figur 15. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på tirsdage, jf. bilags-cd'en.

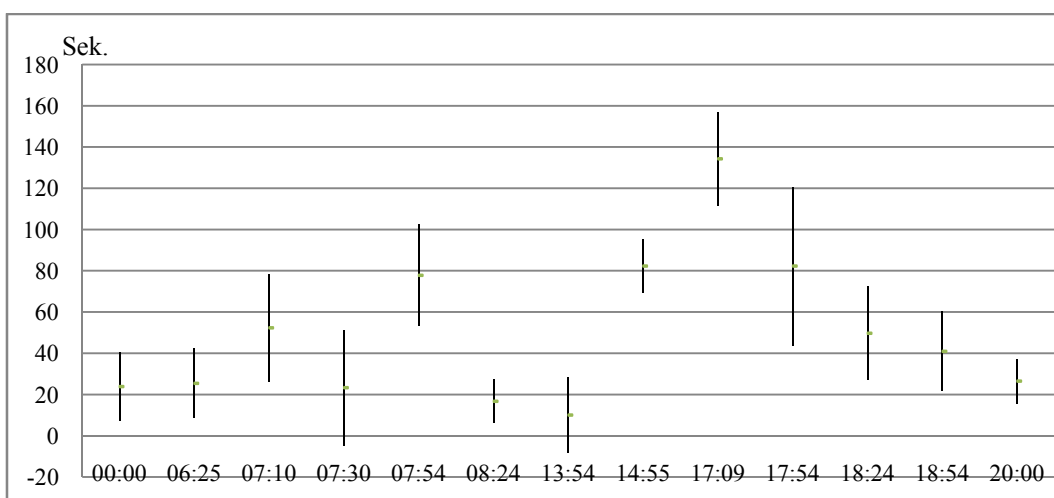
Optimering af rejsetider



Figur 16. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på onsdage, jf. bilags-cd'en.

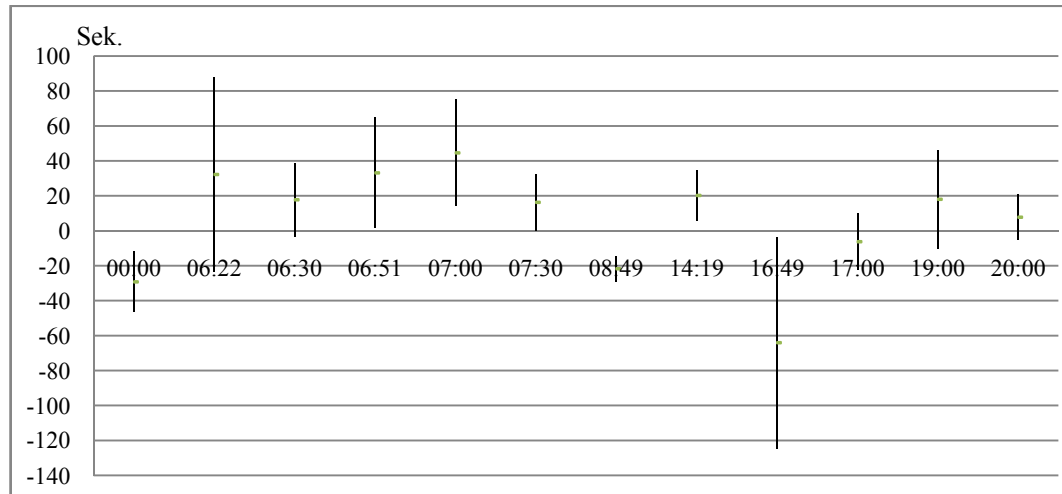


Figur 17. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på torsdage, jf. bilags-cd'en.

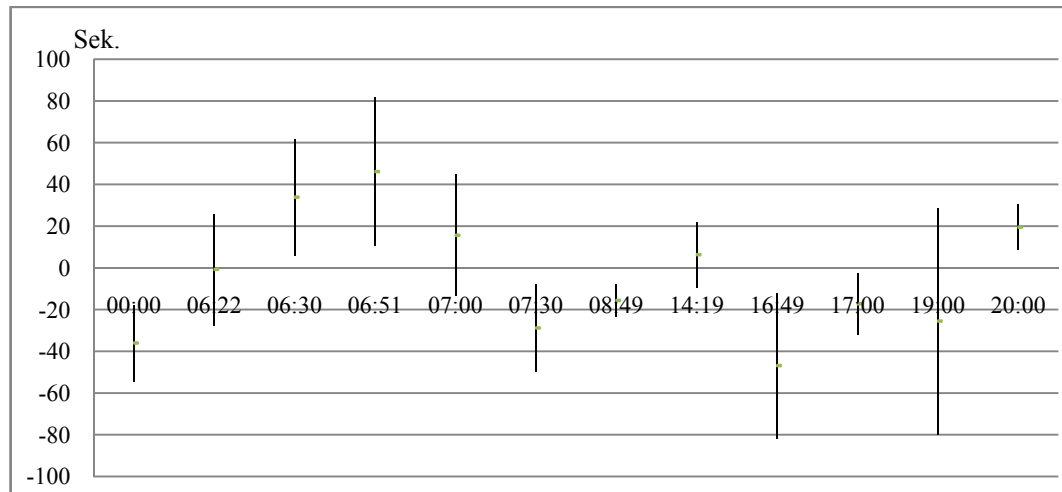


Figur 18. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på fredage, jf. bilags-cd'en.

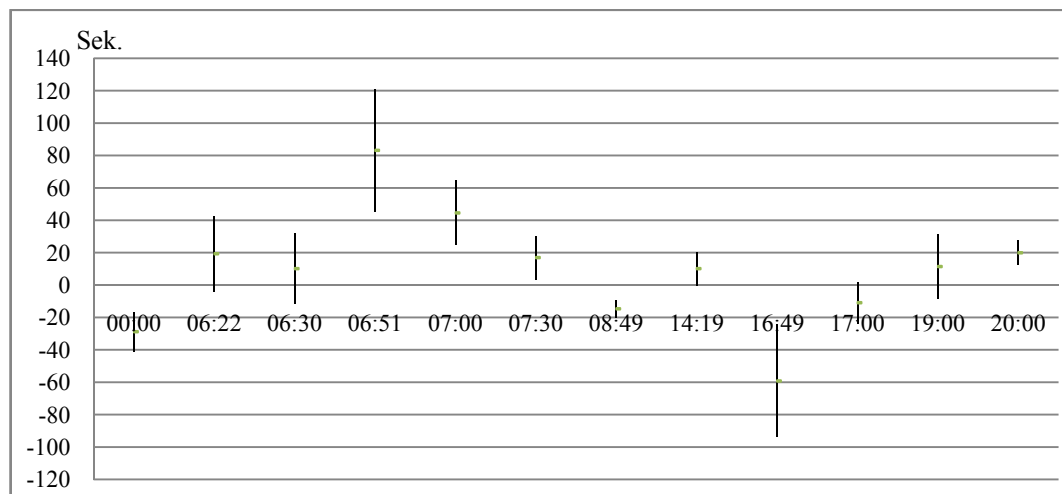
4.2.2 RETNING FRA HUSUM TORV MOD NØRREBRO STATION



Figur 19. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på mandage, jf. bilags-cd'en.

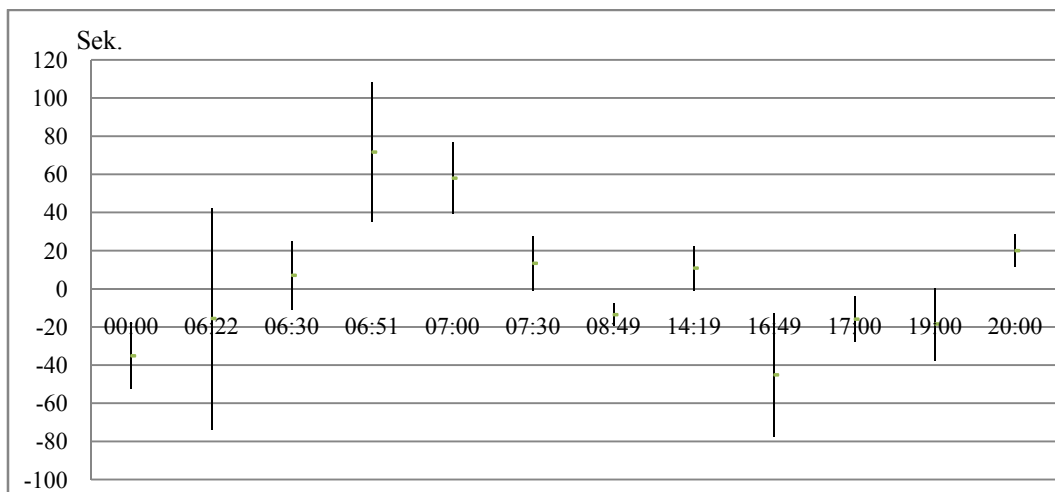


Figur 20. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på tirsdage, jf. bilags-cd'en.

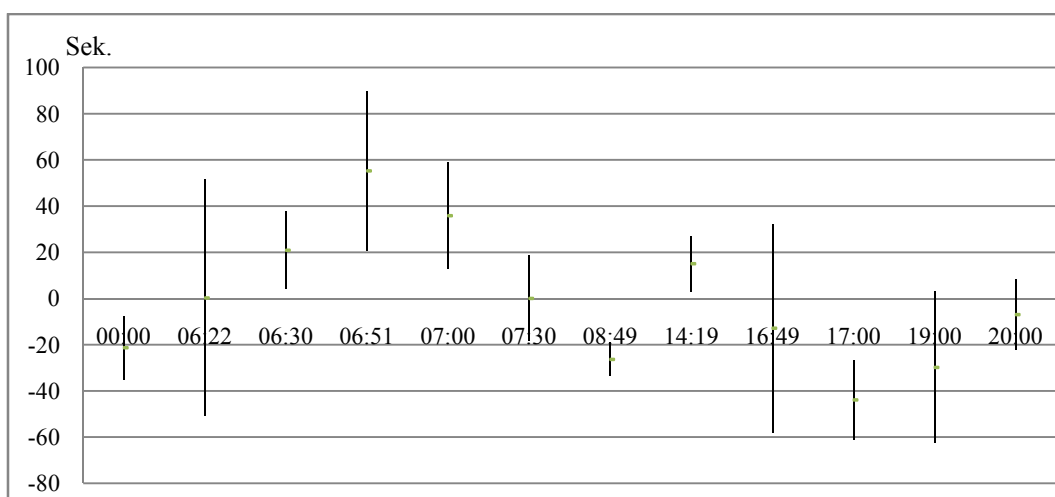


Figur 21. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på onsdage, jf. bilags-cd'en.

Optimering af rejsetider



Figur 22. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på torsdage, jf. bilags-cd'en.



Figur 23. Differencen mellem faktisk og planlagt rejsetid på fredage, jf. bilags-cd'en.