

# Busprioritering i Aalborg Kommune

Niels Ulrich Clausen  
Aalborg kommune

## 1. Indledning

Der gøres i disse år mange forsøg på at begrænse de trafikskabte miljøproblemer i byerne, der især skyldes presset fra den private biltrafik. Et af midlerne er forskellige former for forbedring af den kollektive trafik for herved at forbedre konkurrencen i forhold til privatbilismen og dermed spare energi og nedsætte forureningen i byerne. En af de muligheder, der kan anvendes, er at forbedre bybussernes fremkommelighed ved at nedsætte deres passagetid i signalregulerede kryds ved brug af busprioriteringssystemer.

Aalborg Kommune har således taget et system til prioritering af bybusser i signalregulerede kryds i brug i januar 1996 på en buslinie omfattende 7 busser, Citybuslinien, gennem det centrale byområde. Systemet er leveret af Siemens A/S

I løbet af dette efterår tages et nyt system i brug på en anden af kommunens bybuslinier, linie 10/11 med 15 busser. Dette system skal fungere parallelt med det første men adskiller sig teknisk fra dette, selv om hovedfunktionen principielt er den samme. Systemet leveres af INFOCOM Systems.

De 2 systemer og forskellene mellem dem beskrives i dette paper. Evalueringresultater fra det første system foreligger og præsenteres, mens evaluering af det andet system gennemføres umiddelbart efter ibrugtagningen og derfor ikke foreligger endnu. En egentlig sammenligning på grundlag af driftserfaringer må naturligvis afvente en passende driftsperiode for begge systemer.

Begge projekter har fået økonomisk tilskud til gennemførelsen. Projektet på Citybuslinien er gennemført som en del af et større EU-støttet projekt, JUPITER, som har til formål at begrænse energiforbruget til transport i byer. Udover EU-støtten er systemet gennemført med støtte fra Miljøministeriet via Trafik- og miljøpuljen. Det andet projekt har alene fået støtte fra Trafik- og miljøpuljen i 1996.

## 2. Baggrund

Det formelle grundlag for etablering af busprioriteringssystemer i Aalborg er kommunens trafik- og miljøhandlingsplan fra 1994. Den overordnede målsætning heri er en begrænsning af trafikens miljøgener. Gennemførelse af forbedringer for den kollektive trafik er et af de højt prioriterede midler til at leve op til målsætningen.

Busprioriteringssystemerne er en del af en række trafikledelsessystemer, der er etableret i Aalborg-området, og som hver især løser en række afgrænsede trafikale opgaver. Det er målsætningen at anvende disse værktøjer, hvor det er hensigtsmæssigt for bl.a. at opnå

en mere effektiv og sikker trafikafvikling og hvor de kan give en bedre udnyttelse af vejnettet med færrest mulige gener for trafikanter og bymiljø.

### Formål

Bussernes gennemsnitlige ventetid ved signalanlæggene vil typisk være omkring 25-30% af signalets omløbstid.

Formålet med begge systemer er at begrænse bussernes forsinkelse i signalanlæg ved anvendelse af *aktiv* busprioritering, hvor kun busser, der er forsinkede i forhold til køreplanen, vil få prioritet i krydsene. Derved undgår systemet at påføre den tværgående trafik unødige forsinkelser. Ved anvendelse af busprioritering vil busserne opnå en mere glidende kørsel og større mulighed for at overholde køreplanen. Den kollektive trafik vil herved øge sin tiltrækningskraft.

Busprioriteringssystemerne består grundlæggende af udstyr, der via radiosignaler til de lyskryds, bussen skal passere, kan forlænge eller forskyde grøntiden i krydsene, så bussens ventetid begrænses.

## **3. Busprioritering på Citybuslinien**

### JUPITER projektet

Sammen med 5 andre europæiske byer - Liverpool, Gent, Bilbao, Firenze og Patra - fik Aalborg Kommune i 1993 bevilget støtte til et målprojekt, JUPITER (Joint Urban Projekt In Transport Energi Reduction), fra EU's Thermie-program.

JUPITER projektet har som overordnet mål, at reducere energiforbruget til transport. Aalborgs del af projektet er bygget op omkring Citybuslinien, der betjener Aalborg midtby, de store boligområder i Vestbyen, Øgadekvarteret og Universitetet. Projektet, der blev afsluttet i 1996, bestod af:

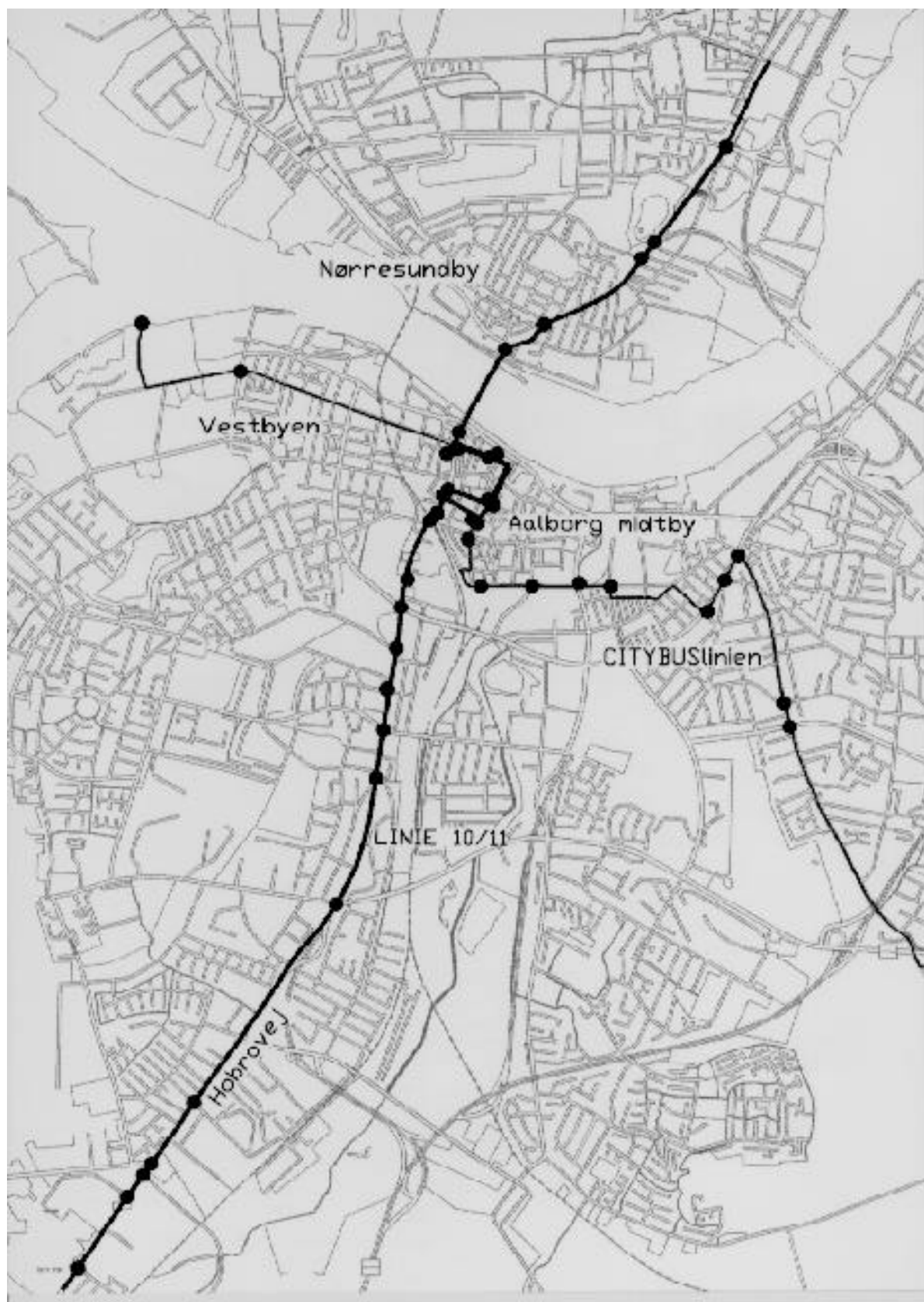
- test og indkøb af energi- og miljøvenlige bustyper
- forbedre omstigningsforholdene på Banegårdspladsen
- etablere busprioritering i signalregulerede kryds på Citybuslinien
- handicapvenlige busstoppesteder på dele af ruten
- reducere trafikarbejdet i cityområdet ved etablering af et P-infosystem

### Citybuslinien

Linien betjenes af 6 busser i fast rute med kvartersdrift. Prioriteringsudstyret er installeret i disse 6 busser plus en reservebus. De 5 af busserne er hybridbusser anskaffet som en del af JUPITER projektet.

På ruten skal busserne i tætbyområdet køre igennem 20 signalregulerede kryds, hvoraf der i 15 kryds er etableret aktiv busprioritering. De 15 kryds har meget varierende belastnings og kapacitetsforhold, men væsentlige kapacitetsproblemer er der kun tale om for et par af krydsene, hvor der er store trafikmængder på tværs af ruten, som det har været nødvendigt at tage hensyn til ved fastlæggelsen af rammerne for busprioriteringen.

Ruteforløb for Citybuslinien (øst-vest) og Linie 10/11 (nord-syd)  
Signalanlæg omfattet af busprioriteringen er vist



### Systembeskrivelse

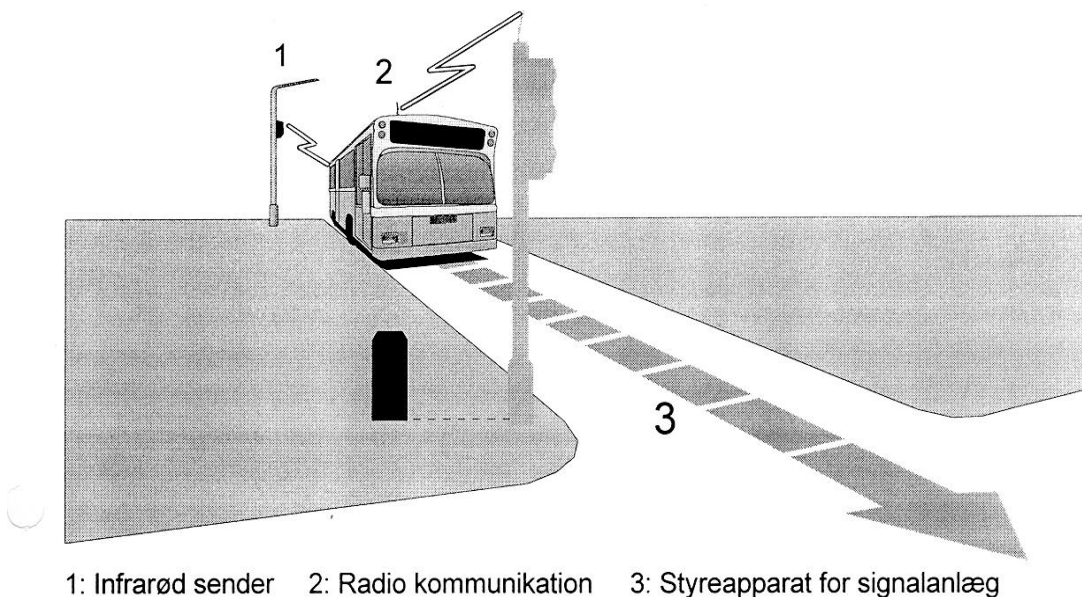
Systemet på Citybuslinien er i princippet delt op i en række delsystemer som varetager følgende forskellige funktioner:

- System der muliggør fastlæggelse af bussernes placering.
- System, der muliggør, at bussen udsender et detekteringssignal til en modtagerenhed i styreapparatet.
- System, der modtager detekteringssignalet.
- Styreapparat, hvor signalstyringen gennemfører opprioriteringen af bussen og lagrer data vedr. alle aktiviteter.

Disse funktioner varetages af følgende hovedkomponenter:

- Infrarød sender (vejfyr)
- Infrarød modtager
- Buscomputer, IBIS (Integrated Board Information system) med chaufførdisplay
- Radio sender
- Radio modtager
- Styreapparat for signalanlæg.

Herunder er systemet principielt angivet:



### Fastlæggelse af bussens placering

Systemet er baseret på, at bussens position løbende registreres i buscomputeren.

Computeren vil under kørslen kommunikere med vejfyr, der er placeret langs ruten. Når bussen passerer et vejfyr modtages via det infrarøde sender/modtagerudstyr et telegram med oplysninger om afstand til næste kryds og anmelde- og afmeldepunkter.

Samtidig med modtagelse af telegrammet nulstilles bussens odometer, der herefter starter en opmåling af den kørte strækning. Computeren opsamler løbende information fra odometeret til brug for beregning af tidspunktet for afsendelse af det næste telegram til styreapparatet.

### Detektering og prioritering

Bussen modtager de udsendte telegrammer fra vejfyrene med de anførte oplysninger, der lagres i buscomputeren. Computeren indeholder tillige den gældende køreplan med identifikation af hver enkelt vognløb.

Bussen udsender via radioen et detekteringssignal til styreapparatet i de fastlagte meldepunkter. Signalet indeholder et telegram med relevante oplysninger for prioriteringen.

Signalet modtages af en radiomodtagerenhed, der er monteret i styreapparatet. Enheden bearbejder signalet og sammenholder det med en række lagrede grundoplysninger. Det afgøres her, om den pågældende bus er forsinket. I så fald indkobler styreapparatets processor en busprioriteringssekvens, der fastholdes indtil bussen passerer stoplinien eller indtil udløbet af en fastsat maxtid, hvorved der sker en tvangsafmelding.

### Prioriteringssekvens

Busprioriteringen vil ikke omfatte et programskift, men vil indenfor visse rammer give mulighed for i det aktuelle program at gøre anvendelse af nogle trafikstyringsmuligheder. Disse muligheder omfatter:

- "Eftergrønt" - Forlængelse af grønt for bussens kørselsretning, hvis der er grønt på anmeldelsestidspunktet.
- "Førgrønt" - afkortelse af grønt for tværretningen, hvis denne har grønt på anmeldelsestidspunktet

Når et styreapparat modtager en anmeldelse undersøges status og placering i signalomløbet (er der rødt eller grønt). Når dette er konstateret vælges den aktuelle prioriteringsform ("eftergrønt" eller "førgrønt"), og skift i forhold til den pågældende signalgruppeplan påbegyndes med det samme. Herved spares tid for bussen, samtidig med at samordningen opretholdes, dog som variant i forhold til den eksisterende samordning.

Omfanget af nødvendige grøntidsforlængelser og afkortninger er fastsat for hver enkelt kryds og afpasset til de trafikale forhold i forbindelse med udarbejdelsen af det trafiktekniske projekt. Muligheden for at opnå en tilfredsstillende opprioritering af busserne afhænger meget af mulighederne for at placere anmeldepunkterne i tilstrækkelig stor afstand fra krydset, så signalanlægget kan nå at tilpasse sig ønsket om grønt for bussen, når denne ankommer til krydset. Afstanden mellem krydsene og stoppestedernes placering begrænser i nogle tilfælde muligheden. Hvis afstanden mellem stoppested og kryds er mindre end ca 50 m. anvendes også en dørkontakt i bussen som anmeldelse.

### Lagring af data og statistik

De anvendte styreapparater (Siemens M-apparater) på Citybuslinien indeholder er dataopsamlingsenhed, der giver mulighed for at foretage en detaljeret datagegistrering. Data

kan herfra hjemtages via styreapparaternes centrale overvågningsenhed, X-kontrol, til videre kontrol af busprioriteringens funktion eller til behandling i statistikprogrammet PUBLIC, som giver mulighed for at vise:

- Grøntiden ved enkelt busgennemkørsel fordelt på kryds
- Fordelingen af den registrerede køretid gennem krydset
- Tidspunkt i omløb, hvor såvel anmeldelse som afmeldelse forekommer
- Den samlede køretid for ruterne
- Bussernes afvigelse fra køreplanen

På basis af registreringerne kan der udskrives tidsforsinkelser for busserne i de enkelte kryds og rejsetider kan beregnes. Endvidere kan tidsforsinkelsen for trafikken i tværretningen beregnes på grundlag af de registrerede ændringer af signaltider.

### Evaluering af systemet

Evalueringen af busprioriteringssystemet er gennemført på grundlag af et omfattende evalueringsprogram for det samlede JUPITER projekt. Her er der givet et resume af resultaterne af evalueringen af busprioriteringssystemet med udgangspunkt i følgende emner:

- |  |   |
|--|---|
| • <b>Operationalitet</b><br>Driftspålidelighed | • <b>Miljø</b><br>Ændringer i emissioner fra busser |
| • <b>Adfærd</b><br>Holdninger/accept           | • <b>Energi</b><br>Ændringer i energiforbruget      |
| • <b>Effektivitet</b><br>Ændringer i rejsetid  |   |

Systemets operationalitet er belyst på grundlag af behandling i programmet PUBLIC af de indhændte data fra styreapparaterne. Resultaterne er baseret på data indsamlet i marts 1996. For at sammenligne en situation med og uden busprioritering, blev der gennemført to evalueringsperioder á 14 dage, hvor busprioriteringen kun var i funktion i den ene periode.

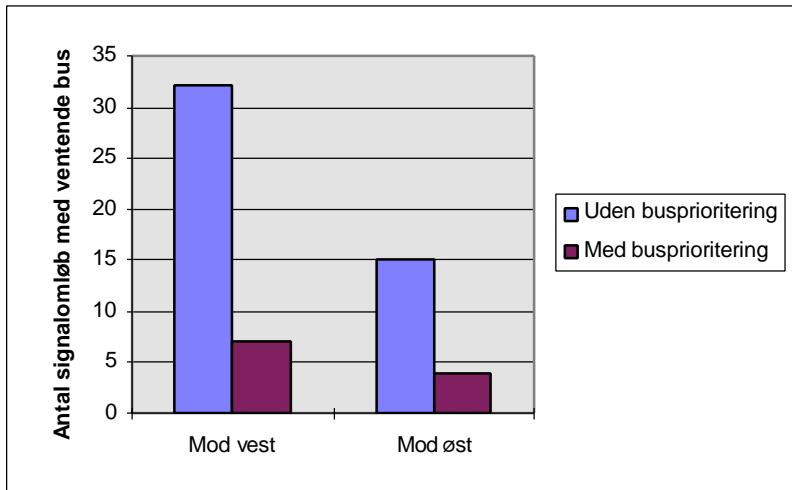
De øvrige emner er søgt belyst ved gennemførelse af interviews. Det er gennemført 406 interviews med Citybuspassagerer før etableringen af systemet og 277 efter. Derudover er der gennemført interviews ved indsendelse af spørgeskemaer med 7 Citybuschauffører.

### Operationalitet

I de prioriterede kryds har Citybusserne med systemet fået forbedret deres fremkommelighed:

- 63,4 % af Citybussernes anmeldelser til de prioriterede kryds fik i perioden med systemet i drift indflydelse på grøntiden.
- Passagetiden -tidsintervallet mellem Citybussernes ankomst og passage af kryds - er gennemsnitligt reduceret med 5,8 sek.

- Antallet af signalomløb i de prioriterede kryds, hvor en Citybus har skullet vente til et senere omløb for at passere krydset, end det er ankommet i, er reduceret med 71%.



*I et af de mest belastede kryds, Vestebro/Borgergade, er antallet af signalomløb med en ventende bus (antal omløb, hvor busprioriteringen har været aktiv, og der ikke er sket afmeldelse) reduceret fra 32 i perioden uden systemet i drift til 7 i perioden med, for busser mod vest og fra 15 til 4 for busser mod øst.*

### Adfærd

Der er en positiv indstilling hos passagererne til Citybusserne og deres regularitet. På den anden side er det tydeligt, at passagererne ikke har bemærket nogen væsentlig forskel i bussernes præcision efter installationen af systemet. 83 % af de adspurgte har således ikke bemærket nogen forskel.

Personer, der nu benytter Citybussen, fordi busdriften er blevet bedre, udgør 1% af det samlede antal interviewede.

Chaufførinterviewene viser en meget positiv holdning til busprioriteringssystemet. Næsten alle de adspurgte chauffører svarer, at de nu oplever en mere jævn kørsel med færre kraftige accelerationer og lavere "topfart". Flertallet af chaufførerne på Citybuslinien oplever desuden, at kørslen er blevet mere afslappet.

### Effektivitet

Der er generelt sket en reduktion af rejsetiden på Citybuslinien efter etableringen af systemet med op til 10% på delstrækninger. Rejsehastigheden er blevet forøget fra 20 km/t til 22 km/t.

På grundlag af en gennemsnitlig tidsbesparelse på 5,8 sek pr kryds, vil der teoretisk være en samlet rejsetidsbesparelse på 128 min pr. hverdag.

### Energi og miljø

Undersøgelsen af Citybussernes brændstofforbrug viser en mindre forbedring, idet der er tale om en forbedring i tilbagelagt afstand pr. liter diesel på 3,5 %. Dette svarer til omkring 5000 liter diesel sparet pr. år. Brændstofbesparelsen svarer til en reduceret udledning af CO<sub>2</sub> på 2,3 tons pr. år.

De sparede emissioner af de sundhedsskadelige stoffer er beregnet til:

- NOx 118,6 kg pr. år
- CO 27,7 kg pr. år
- HC 6 kg pr. år
- Partikler 5 kg pr. år

Busprioriteringssystemet udgør et delprojekt, hvorfor evalueringseresultaterne bør bedømmes i sammenhæng med resultaterne af det samlede projekt. Alligevel viser cost-benefit beregninger, at det vil kunne betale sig at udbygge busprioriteringssystemet til de øvrige bybuslinier i kommunen. Værdien af rejsetidsbesparelsen er opgjort til 160.000 kr. pr. pr. år for busselskabet og 772.000 kr. for passagererne.

#### **4. Busprioritering på linie 10/11**

I juni 1996 udbød Aalborg kommune et system for busprioritering på bybuslinie 10/11 i indbudt licitation til 7 firmaer, hvoraf 4 (med et 5. som underleverandør) afgav tilbud. COWI har været konsulent for kommunen gennem hele forløbet med etableringen af busprioriteringssystemerne på både Citybuslinien og linie 10/11.

Det nye system skulle omfatte 15 busser og 27 signalanlæg, hvoraf 4 signalanlæg var sammenfaldende med Citybuslinien. Linien omfatter bl.a. byens mest belastede indfaldsveje, Hobrovej og Vesterbro. Sidstnævnte er omprofileret i 1995 med etablering af cykelstier, der har medført en mindre begrænsning af kapaciteten.

Til forskel fra systemet på Citybuslinien blev der stillet krav om etablering af tovejs radio-baseret kommunikation mellem busser og styreapparater. Herved kan kvittering for prioritering lagres i bussens computer. Optionelt skulle der tilbydes automatisk overførsel af data, f.eks. køreplaner, til og fra buscomputeren.

Der blev endvidere lagt vægt på udbygningsmuligheder og fremtidssikring. Systemet skulle, som det allerede etablerede system, kunne håndtere systemer for realtidsinformation på displays i busser og ved stoppesteder samt central overvågning af busdriften. Buscomputerner skulle naturligvis også indeholde muligheden for en række andre funktioner som f.eks. passagertællesystem, driftstilstand, brændstofforbrug og alternative positioneringsteknologier.

Der er blev valgt et tilbud med en optionel løsning fra firmaet Infocom A/S med Peek Trafik A/S som underleverandør. Denne løsning bygger på positionering af busserne ved hjælp af det satellitbaserede GPS-system (Global Positioning System), hvorfor der ikke kræves opsætning af vejfyr på ruterne. Endvidere er løsningen baseret på etablering af et radiodatanetværk til brug for al kommunikation mellem systemets enheder.

Busprioriteringssystemet er under installation og bliver sat i drift i oktober 1997. En evaluering af systemet vil umiddelbart herefter blive gennemført.

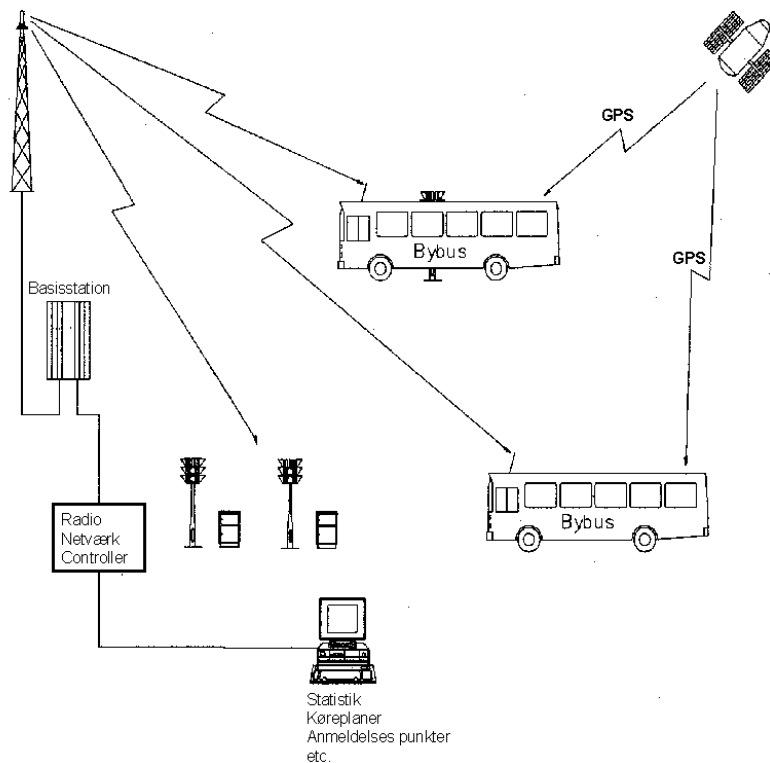


## Systembeskrivelse

Hovedfunktionerne i busprioriteringssystemet på linie 10/11 er grundlæggende de samme som på Citybuslinien. Det totale system på linie 10/11 kan logisk deles op i følgende del-systemer og komponenter:

- Bussystemet  
Buscomputer - "Bus Unibox" indeholdende dataradio og GPS-modtager  
Chauffør display, Odometer.
- Lyskrydssystem  
CPU kort, dataradio.
- Radionetværk  
Basisstation, Radio Netværk Controller med differentialstation.
- Centralenhed  
Fastopkoblet PC (Windows 95).

Herunder er systemet principielt angivet



Buscomputeren vil på baggrund af positionsinformationer være i stand til at sende en anmeldelse til lyskrydsenes styreapparater på det rigtige tidspunkt, når en gyldig køreplan er indlæst.

Når en bus skærer en anmeldelinie sendes en prioriteringsanmeldelse til styreapparatet for det pågældende kryds. Dette sker ved, at bussen først sender anmeldelsen til basisstationen og radionetværkskontrolleren. Denne sender herefter anmeldelsen videre til det pågældende styreapparat.

For at få så nøjagtig en positionering som mulig, bygger systemet på differentiell GPS (DGPS), som sikrer en positioneringsnøjagtighed på nogle få meter. Herudover kan odo-

meterpositionering træde i funktion til gaderig for, hvis GPS modtagelsen mod forventning skulle være dårlig på enkelte steder på ruten.

Den centrale PC placeres hos busselskabet, Aalborg Omnibus Selskab, hvor også Radio Netværk Kontrolleren er placeret. Fra PC'en distribueres en ny køreplan, der ved køreplansskift automatisk erstatter den gamle, til de enkelte busser. Det er herudover muligt at trække tidsstemplede data vedrørende anmeldelser og afmeldelser samt lyssignalet status (grønt eller rødt) ved prioritetsanmeldelser. Disse data kan bruges til statistik og analyseformål.

## **5. Vurdering af busprioriteringssystemerne**

En sammenlignende vurdering af de to busprioriteringssystemer vil naturligvis først være mulig, når der foreligger driftserfaringer for begge systemer. Det er dog muligt med det nuværende erfaringsgrundlag, og på grundlag af de kriterier Aalborg Kommune har stillet op i forbindelse udbudene, at anføre nogle fordele og ulemper.

### Systemet på Citybuslinien

#### **Fordele:**

- Kendt og afprøvet teknologi - herunder vejfyr. Systemet findes i flere udenlandske byer.
- Positive driftserfaringer - det virker. Busselskabet anser systemet som et stort kvalitetsløft og chaufførerne kan ved hjælp af informationer på displayet og prioriteringen lettere holde køreplanen med mindre stress til følge.
- Dataopsamling. Detaljerede driftsdata opsamles løbende og kan nemt hjemhentes via overvågnings-PC'en (X-kontrol) til analysering og evaluering.

#### **Ulemper:**

- Leverandørafhængighed. På grund af lukkede protokoller i systemets software er kunden begrænset i valg af andre leverandører ved senere udbygninger og at udføre tilpasninger til en anden overordnet struktur end den, leverandøren forestiller sig.
- Tovejskommunikation ikke mulig. Prioriteringsdata er kun mulige at opsamle i Siemens-styreapparater, i stedet for i bussen som foretrukket. Kwitteringsmeddelelse for prioritet er ikke mulig på chaufførdisplayet.
- Automatisk dataoverførsel fra central PC kan etableres men er meget dyr.
- Rutebundet. Begrænset fleksibilitet ved ruteændringer på grund af vejfyrenes montering på ruten.

### Systemet på linie 10/11

#### **Fordele:**

- Flexibilitet. Standard protokoller og modulært opbyggede enheder (Unibox) sikrer udbygningsmuligheder med andre funktioner.

- Ruteflexibilitet. Ændring af ruten kan let udføres ved enkle kodeændringer uden fysiske indgreb.
- Radionetværket giver mulighed for hurtig og billig dataudveksling.

**Ulemper:**

- Usikkerhed. Den satellitbaserede GPS-positionering er ikke gennemprøvet under byforhold.
- Driftserfaringer mangler for det samlede system.

## **6. Udviklingsmuligheder**

Med etableringen af to aktive busprioriteringssystemer i signalregulerede kryds i Aalborg er der taget et forholdsvis nyt redskab i brug ved anvendelse af moderne informationsteknologi. Systemerne er en del af grundlaget for en videreudbygning og kan bane vej for indførelse af dynamisk passagerinformation og for en central overvågning af busdriften.

Etablering af buscomputer i samtlige bybusser i Aalborg vil give mulighed for yderligere serviceforbedringer, f. eks automatisk billetteringsudstyr, annoncering af næste stoppested, styring af destinationsskilte og passagertælling.

Det kommende radiodatanetværk kan vise sig at give mange fordele og forskellige anvendelsesmuligheder. Eksempelvis kan netværket tænkes anvendt til fjernovervågning og styring af signalanlæg som alternativ til kabler og telefonnet. I forbindelse med etablering af et fremtidigt mere "åbent" trafiksignalsystem, evt. baseret på nye styringsstrategier, skal det undersøges, om nettet kan anvendes til kommunikation mellem den centrale signalovervågnings- og styringsenhed og styreapparaterne.

Systemerne og en videreudbygning heraf vil kunne indpasses i en planlagt etablering af Strategisk Trafikledelse, hvorved forstås styring af trafikken ved anvendelse af alle tilgængelige oplysninger fra en række trafikinformatiksystemer, der vil være integreret til en helhed. Vejmyndigheder og politiet har udarbejdet en langtidsplan herfor, der vil kunne gennemføres etapevis over en årrække under forudsætning af opnåelse af nødvendige bevilninger og evt. projektstøtte.