Betinget busprioritering i signalanlæg

Jonas Hareide Andreasen
Aalborg Universitet

Institut for Byggeri, By og Miljø
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg Øst
www.build.aau.dk

Titel:

Betinget busprioritering i signalanlæg

Tema:

Kandidatspeciale

Samarbejdspartnere:

NIRAS
Aalborg Kommune
Nordjyllands Trafikselskab

Projektperiode:

Februar 2025 - Juni 2025

Studerende:

Jonas Hareide Andreasen

Vejledere:

Harry Lahrmann (Aalborg Universitet)
Niels Thorup Andersen (NIRAS)

Sidetal hovedrapport: 34
Sidetal inkl. bilag: 108

Synopsis

Projektet tager udgangspunkt i en systematisk kortlægning af busfremkommeligheden i Aalborg, baseret på historiske rejsetidsdata fra Nordjyllands Trafikselskab. Kortlægningen identificerer en række strækninger med kritiske forsinkelser i morgen- og eftermiddagsspidstimerne. På baggrund af kortlægningen udpeges et konkret signalreguleret kryds på Hobrovej. Krydset klassificeres som en trafikalt belastet lokalitet og anvendes som case i projektets videre analyser og simuleringer.
Målet med projektet er at undersøge, hvordan en betinget busprioritering, hvor prioritet kun tildeles busser der er forsinkede, har et vist antal passagerer og forventes at kunne nå over for grønt ved forlænget grøntid, kan forbedre busfremkommeligheden uden at forringe forholdene for den øvrige trafik. Denne prioriteringslogik implementeres i mikrosimuleringsværktøjet VISSIM, og effekten vurderes ved at sammenligne med et basisscenarie, som benytter det nuværende signalprogram.
Resultaterne viser, at betinget prioritering kan reducere busforsinkelser på sideretninger, med minimal negativ indvirkning på den øvrige trafik. Der observeres dog visse konsekvenser for busser på primærstrækningen, som i dag har ubetinget prioritering, men som i den nye model ikke opfylder betingelserne for prioritet. Der peges desuden på, at krydset bør udvides, da den eksisterende kapacitet er opbrugt, som skaber trafikale udfordringer både i modellen og virkeligehden. Projektet diskuterer også de tekniske udfordringer forbundet med at implementere avanceret prioritering i VISSIM, og fremhæver potentialet i at anvende mere intelligente styringsformer, herunder maskinlæringsbaseret signalstyring.

Abstract

The project is based on a systematic mapping of bus accessibility in Aalborg, using historical travel time data from Nordjyllands Trafikselskab. The mapping identifies several road segments with critical delays during the morning and afternoon peak hours. Based on this analysis, a specific signalized intersection on Hobrovej is selected. The intersection is classified as a traffic bottleneck and serves as the case for further analysis and simulation in the project.

The objective of the project is to investigate how conditional bus priority, where priority is only granted to buses that are delayed, carry a minimum number of passengers, and are expected to reach the intersection during an extended green phase, can improve bus accessibility without deteriorating conditions for other traffic. This prioritization logic is implemented in the microsimulation tool VISSIM, and its effects are evaluated by comparing it to a baseline scenario using the current signal program.

The results show that conditional priority can reduce bus delays on side streets with minimal negative impact on general traffic. However, there are some consequences for buses on the primary corridor, which currently benefit from unconditional priority, but which no longer meet the criteria under the new model. It is also pointed out that the intersection should be expanded, as the existing capacity is exhausted, creating traffic challenges both in the simulation model and in reality. The project also discusses the technical challenges of implementing advanced prioritization in VISSIM and highlights the potential of using more intelligent control strategies, including machine learning-based signal control.

Forord

Nærværende speciale er udarbejdet i samarbejde med NIRAS. I den forbindelse rettes en stor tak til Niels Thorup Andersen, William Peter Settnes og Peter Bäcker Hansen for kvalificeret faglig vejledning og værdifulde indsigter gennem projektforløbet. Ligeledes rettes en tak til Harry Lahrmann fra Aalborg Universitet for hans vejledning og bidrag til den faglige kvalitet af specialet.

Der skal også rettes en særlig tak til Jan Øhlenschlæger, Morten Jensen og Simon Hamann Børgesen fra Aalborg Kommune samt til Christian Glerup Sørensen og Kasper Sørdal Olesen fra Nordjyllands Trafikselskab. Deres bidrag i form af faglig sparring og adgang til relevante data har været afgørende for projektets gennemførelse.

Endvidere takkes familie og venner for deres støtte og opbakning undervejs i arbejdet med specialet.

Kildehenvisninger er foretaget i henhold til Harvard-systemet, angivet ved (forfatter, år). Figurer og tabeller uden eksplicit kildeangivelse er udarbejdet af specialets forfatter.

Indholdsfortegnelse

I Indledning **1**

1 Baggrund **2**

2 Kortlægning **3**
2.1 Forudsætninger 3
2.2 Identificering af flaskehalse 6

3 Problemanalyse **10**
3.1 Sammenligning af forrige analyser 10
3.2 Plusbus 2 12

4 Problemformulering **16**

II Metode **17**

5 Trafikberegningsmetoder **18**

6 Litteraturstudie **19**
6.1 Metode 19
6.2 Temaer 20
6.3 Opsummering 21

7 Simulering **22**

IIIResultater **24**

8 Rejsetider **25**
8.1 Busser ad Hobrovej 25
8.2 Busser ad Ny Kærvej og Vestre Alle 27
8.3 Forsinkelser og kølængder 29

IV Diskussion **30**

9 Diskussion **31**
9.1 Forbedrede rejsetider 31

9.2 Implementering af betinget busprioritering 31
9.3 Krydset - Hobrovej og Ny Kærvej / Vestre Alle 31
9.4 Begrænsninger i VISSIM 32

10 Konklusion **33**

11 Perspektivering **34**
11.1 Indsatser for busfremkommelighed 34
11.2 Smartere styringsenhed 34

Litteratur **35**

V Bilag **38**

A Kort fra tidligere kortlægninger **39**

B Python - Kortlægning **43**
B.1 Import af data 43
B.2 Turbygger 43
B.3 Regnet rejsetider 44
B.4 Til plot 45
B.5 Fremkommelighedstabel 46
B.6 PyGIS 47

C Besigtigelsesnotater **50**
C.1 Hobrovej 50
C.2 Sønderbro 51
C.3 Hjørringvej 52
C.4 Østerbro 54
C.5 Hadsundvej 55
C.6 Limfjordsbroen og Vesterbro 56

D Eksisterende signalprogram **57**

E Flowdiagram for signalprogram **85**
E.1 Basisscenarie 85
E.2 Betinget prioritering 87

F Trafiktal **92**

G Simulerings resultater **105**

Del I

Indledning

1 | Baggrund

Punktlighed er en afgørende faktor for bussernes effektivitet og pålidelighed. Når busserne ankommer til tiden, skaber det en positiv oplevelse for passagererne og øger deres tillid til kollektiv transport. Fremkommelighed spiller også en central rolle i at sikre, at busserne kan overholde deres køreplaner. Når busserne har prioritet i trafikken, bliver rejsetiden kortere og mere forudsigelig, hvilket gør kollektiv transport til et mere attraktivt valg for flere mennesker.

Figur 1.1. Pejlemærke - Hurtigt fra A til B. (Aalborg Kommune, 2020)

Aalborg Kommune understreger også vigtigheden af hurtig transport i deres Kollektiv Trafikpolitik fra 2020. Her er hurtig transport et af fire pejlemærker, der skal sikre en mere bæredygtig mobilitet. Dette omtales som et stort fokus på at gøre kollektiv trafik til en højt prioriteret mobilitetsform ved at forbedre fremkommeligheden og regulariteten (Aalborg Kommune, 2020). Passagerpulsen anbefaler også, ifølge Forbrugerrådet Tænk (2023b) at fokusere på forbedring af rejsetid ved at øge fremkommeligheden og planlægge busserne, så rejsetid, punktlighed og høj frekvens prioriteres.

Staten havde også en pulje til bedre busfremkommelighed i 2022 og 2023, hvor 100 mio kr. blev afsat over to år. Herfra kunne kommuner, trafikselskaber og offentlige myndigheder søge medfinansiering til konkrete forbedringer. Fra den pulje fik Nordjyllands Trafikselskab (NT) penge til etablering og opgradering af knudepunkter i Nordjylland. (Statens Tilskudspuljer, 2023; Transportministeriet, 2023)

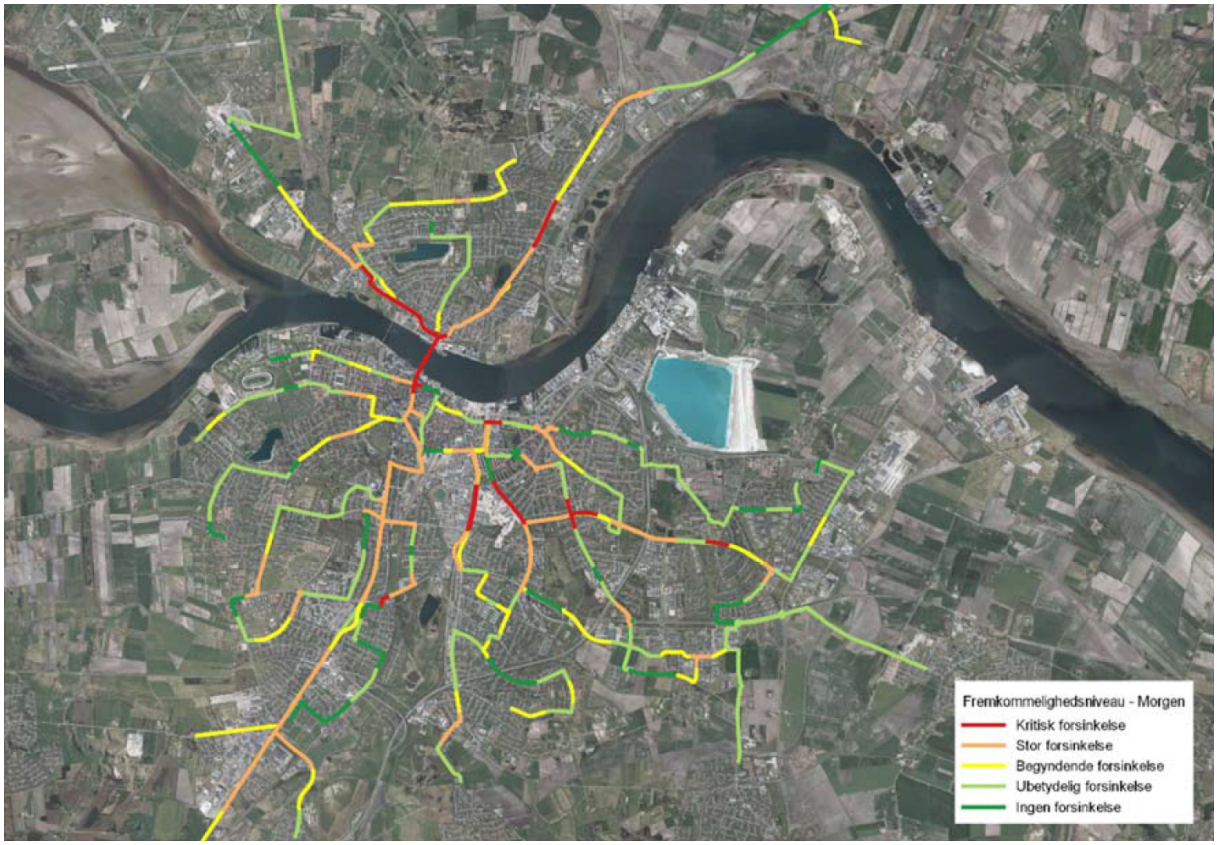
Ekspertudvalget for kollektiv mobilitet i Danmark, peger i deres afrapportering af fase 1 på, at et strategisk fokus på busfremkommelighed i mellemstore og store byer *"... vil kunne øge attraktiviteten af kollektiv transport."* (Thomsen et al., 2024). Forbrugerådet TÆNK har også lavet en undersøgelse blandt rejsende for at undersøge befolkningens holdning til bussernes prioritering i trafikken. Rapporten konkluderer, at danskerne generelt støtter, at busserne skal have mere plads i byen. (Forbrugerrådet Tænk, 2023a)

Aalborg har tidligere kortlagt strækninger, hvor busserne har haft udfordringer med fremkommeligheden, først i 2010 og igen i 2015. Denne kortlægning baserede sig på data fra NT's flådestyringsdatabase over Aalborgs bybusnet. Siden 2015 har der ikke været lavet en lignende kortlægning, selvom byen har oplevet vækst, ruteændringer og etableringen af en BRT-linje (Bus Rapid Transit). En ny kortlægning vil kunne identificere lokaliteter, hvor det er nødvendigt at finde løsninger for at forbedre bussernes fremkommelighed. (Øhlenschlæger et al., 2010; Holland & Nissen, 2015)

2 | Kortlægning

I de seneste 15 år er der blevet udført tre analyser med det formål at undersøge udfordringerne ved busfremkommeligheden i Aalborg. Den første analyse blev udført i 2010, og den anden i 2015, begge af Aalborg Kommune i samarbejde med COWI. I 2022 udarbejdede NT også en præsentation, der opsummerede de steder, hvor der var udfordringer med busfremkommeligheden.

Kortet i figur 2.1 viser resultaterne fra analysen i 2015. Dette og øvrige kort fra tidligere analyser er vedlagt i bilag A på side 39.



Figur 2.1. Beregnet fremkommelighedsniveau for busserne. (Holland & Nissen, 2015)

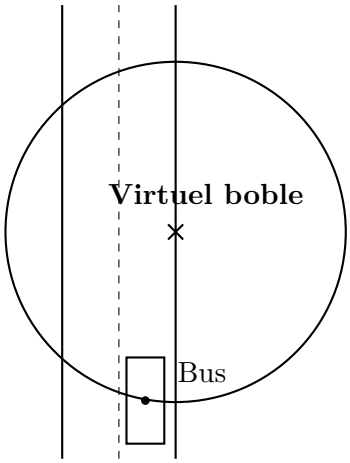
2.1 Forudsætninger

Til kortlægningen vil metoden læne sig op ad de fra rapporterne i 2010 og 2015, hvor dette var dokumenteret. Dette gør det muligt senere at sammenligne resultaterne fra forskellige år. Metoden for fremkommelighedsanalysen i 2022, er ikke dokumenteret, og vil derfor ikke blive videre arbejdet med i projektet.

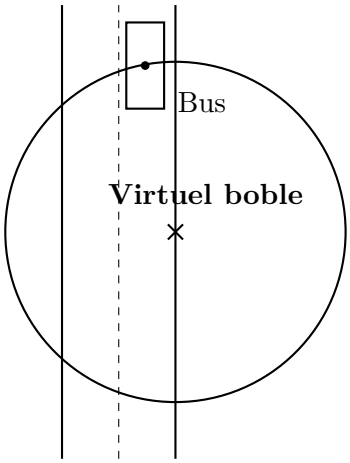
Dataindsamling

Alle busser som kører for NT, har en CAN bus installeret (Controller Area Network). En CAN bus er en flådestyringscontroller som i realtid indsamler data fra køretøjerne og gemmer det på en database. Denne controller opsamler data, for hele busflåden som de har til rådighed. Derved er det muligt at se, hvorhenne busserne er i realtid, både placering, hastighed, antal passagerer med mere. Dette gemmes også til kvalitetssikring af deres leverandører, men kan også bruges til udvikling af nye ruter og optimering af eksisterende.

Der logges for alle busser hvornår de ankommer og afgår fra forskellige busstop på deres rute. Hvert stop udgør en virtuel boble, hvor der registreres hvornår den kommer indenfor, og igen hvornår den forlader. Figur 2.2 og 2.3 viser ankomst og afgang til en virtuel boble omkring et busstop.



Figur 2.2. Ankomst til busstop.



Figur 2.3. Afgang fra busstop.

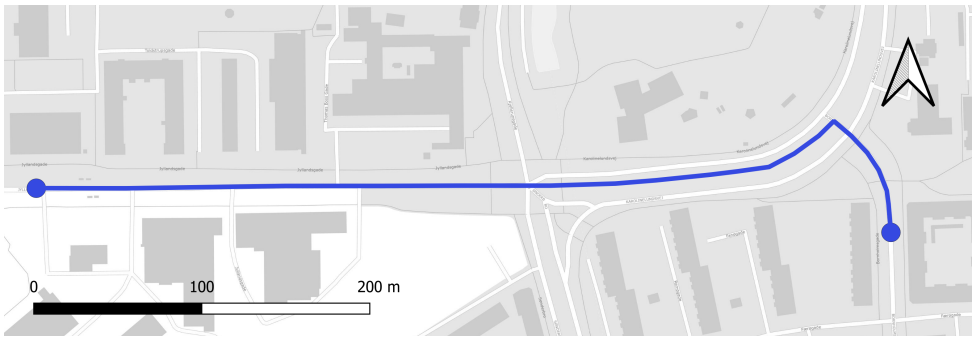
Metode

For at vurdere hvilke strækninger som har udfordringer for fremkommeligheden, er der i strækningen imellem to busstop målt et fremkommelighedsniveau. Fremkommelighedsniveauet er den tid bussen har brugt på at tilbagelægge strækningen i morgen/eftermiddagsspidstimen i forhold til aftenen. Rejsetiden om aftenen antages at være der, hvor bussen oplever fri fremkommelighed og den er minimalt forsinket. Tabel 2.1 viser betydningen af de forskellige værdier.

Tabel 2.1. Fremkommelighedsniveau.

Fremkommelighedsniveau	Forsinkelse
> 1	Ingen forsinkelse
0,9 - 1	Ubetydelig forsinkelse
0,8 - 0,9	Begyndende forsinkelse
0,6 - 0,8	Stor forsinkelse
$< 0{,}6$	Kritisk forsinkelse

For at give et eksempel, så viser figur 2.4 to tilfældige busstop i Aalborg og strækningen imellem dem.

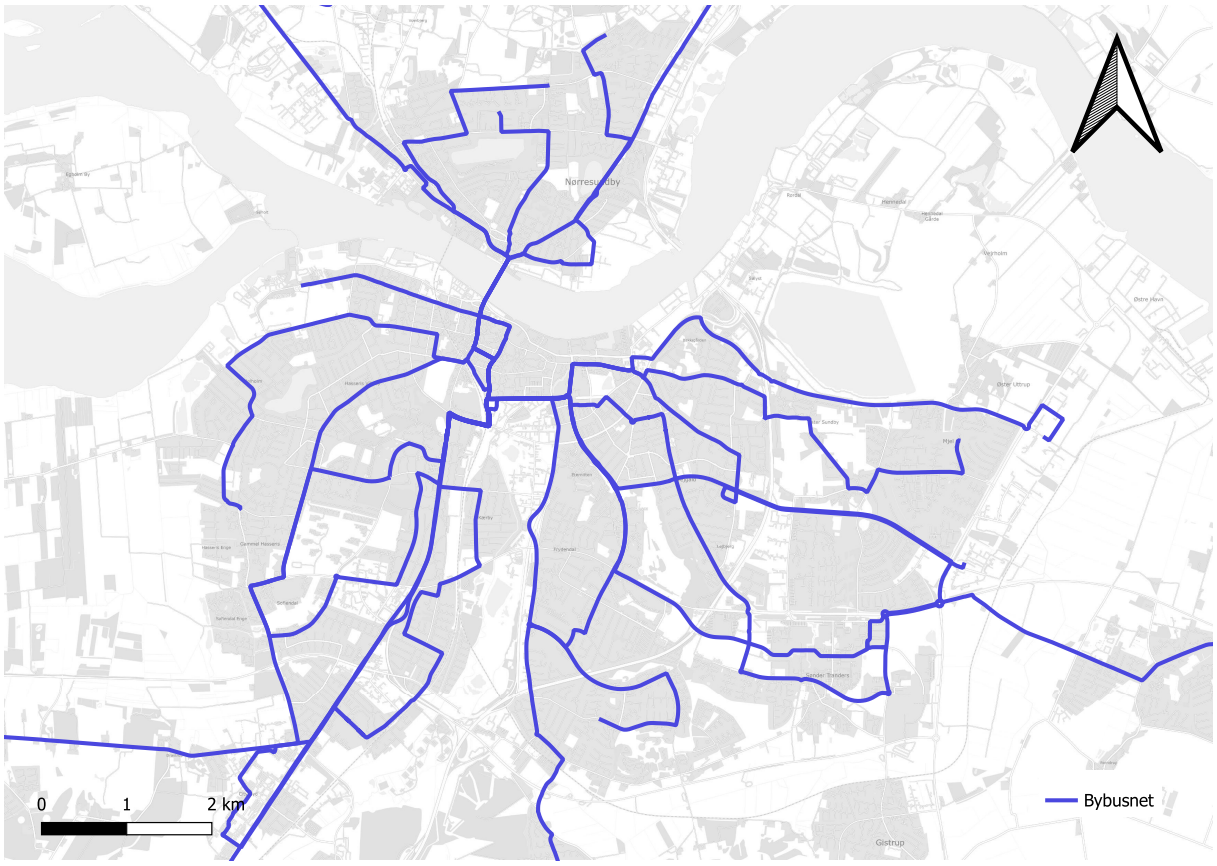


Figur 2.4. Kort mellem to tilfældige busstop i Aalborg.

Hvis en bus om morgenen bruger 108 s på at rejse imellem dem, men om aftenen kun bruger 97 s, så er fremkommelighedsniveuaet 0,90. Aflæses der i tabel 2.1, så er der imellem de to stop ubetydelig forsinkelse.

Datagrundlag

Til kortlægningen bruges stop imellem bybusser - 1, 2, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 og 18. Figur 2.5 viser, hvordan de ligger i Aalborg. Selvom rutenettet ser anderledes ud i dag, end da analyserne i 2010 og 2015 blev lavet, så vil resultaterne imellem de fleste stop godt kunne sammenlignes, hvis der ikke er lavet fysiske ændringer.

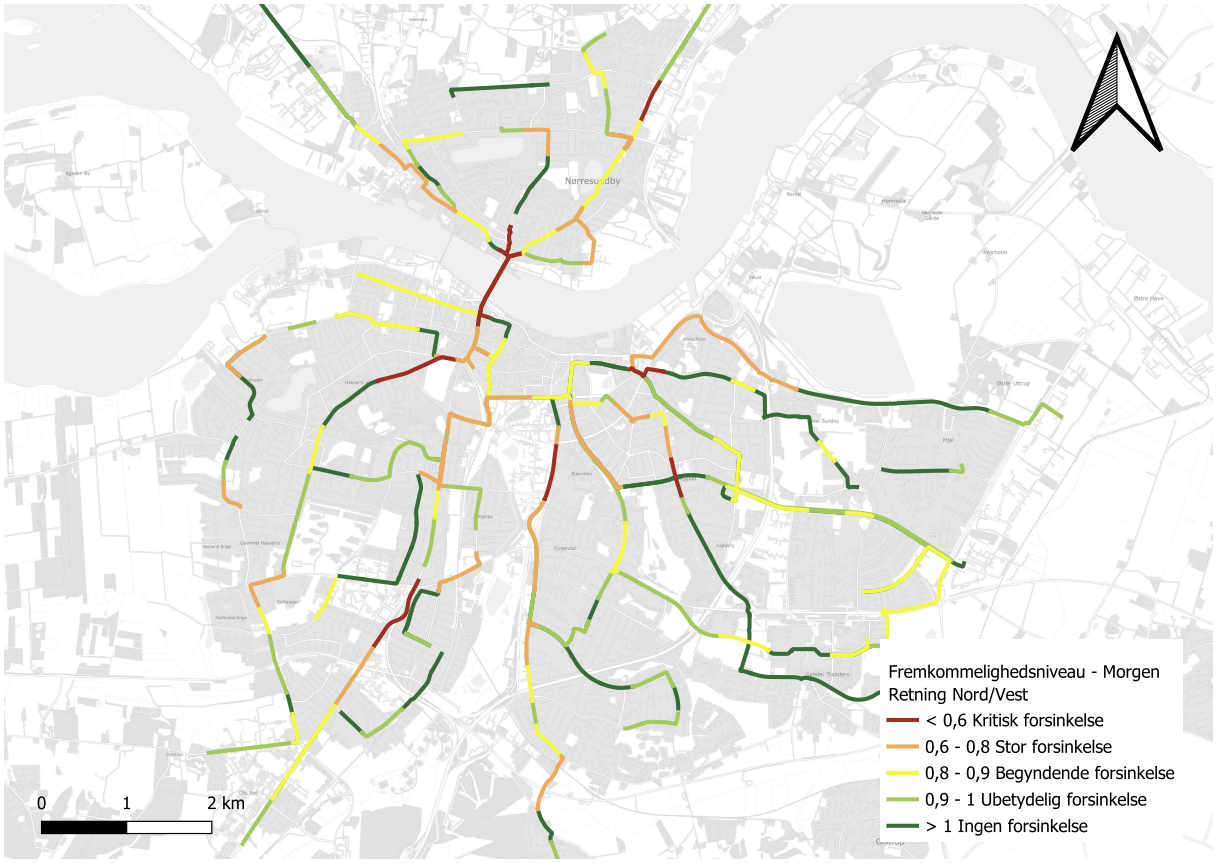


Figur 2.5. Kort som viser afgrænsningen af bybuslinjer som beregnes.

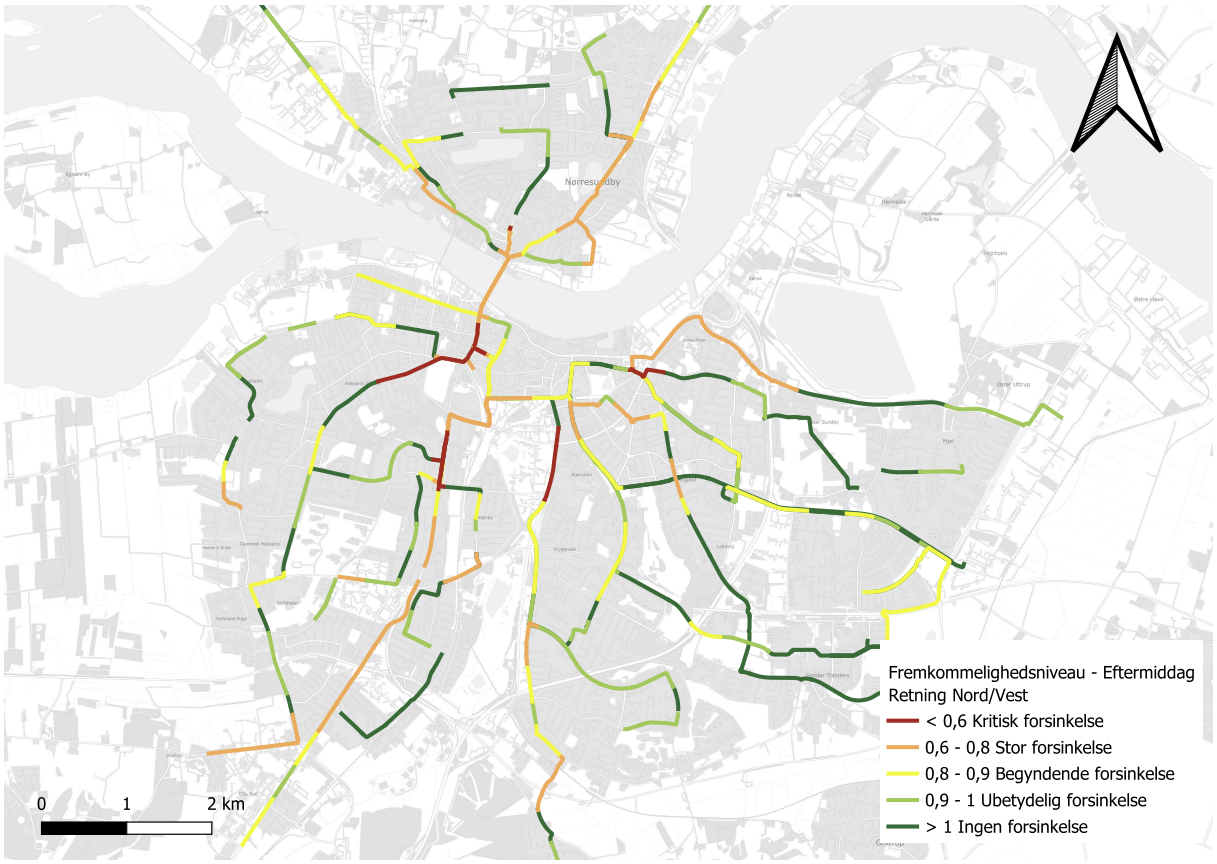
Dataene der er anvendt i analysen, er indsamlet for busserne og dækker perioden fra august 2024, hvor NT senest ændrede rutestrukturen, til årsskiftet 2025. Dataene er udleveret af NT og omfatter 54 dage fra 13. august til 19. december, med undtagelse af efterårsferien i uge 42. Kun data fra tirsdage, onsdage og torsdage er anvendt. Morgenspidstimen er defineret som perioden mellem 7:30 og 8:30, mens eftermiddagsspidstimen er mellem 15:30 og 16:30. Perioden for fri fremkommelighed er sat til mellem 22:00 og 23:00 om aftenen.

2.2 Identificering af flaskehalse

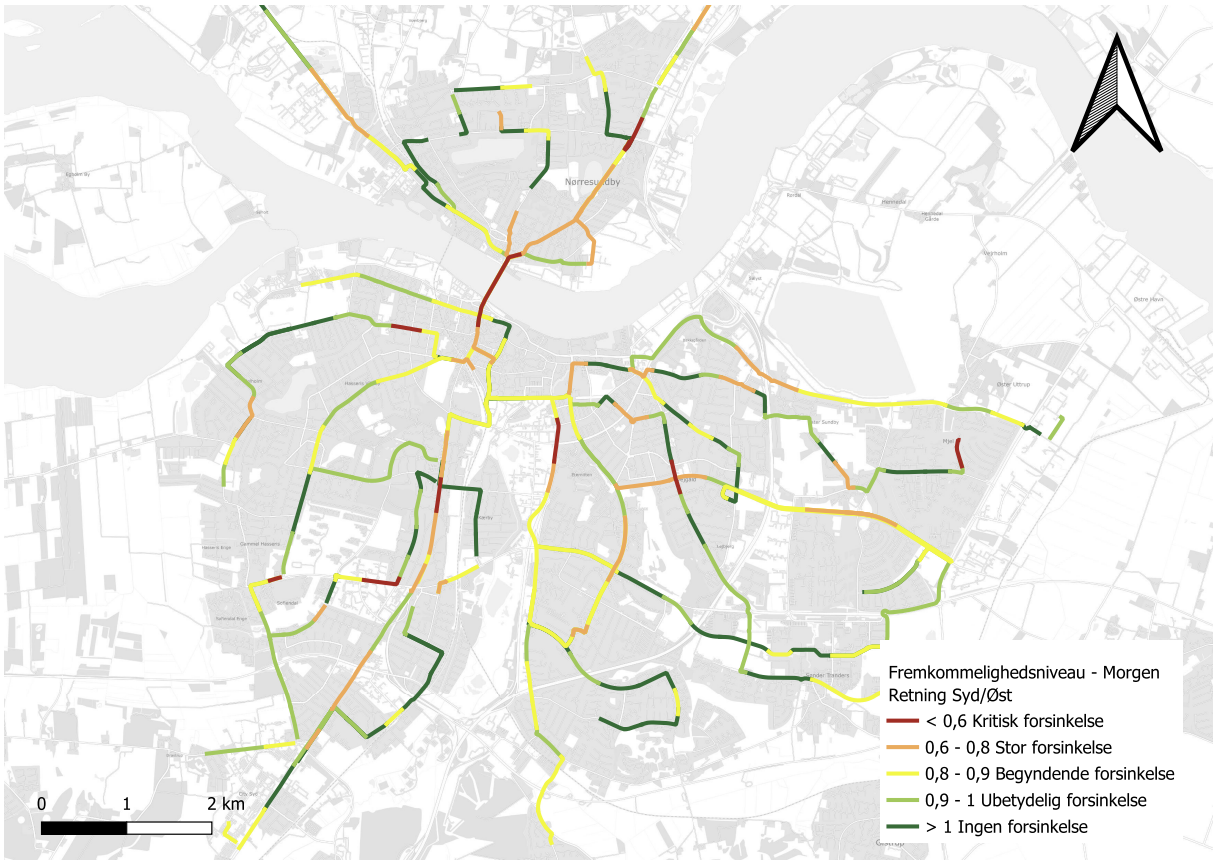
Udfra metoden er der fra figur 2.6 til figur 2.9 kortlagt hvorhenne busserne har udfordringer. Hvis flere linjer ligger over hinanden, så er det den værste fremkommelighedsniveau som er vist. De python scripts som er brugt til databehandlingen er i bilag B på side 43.



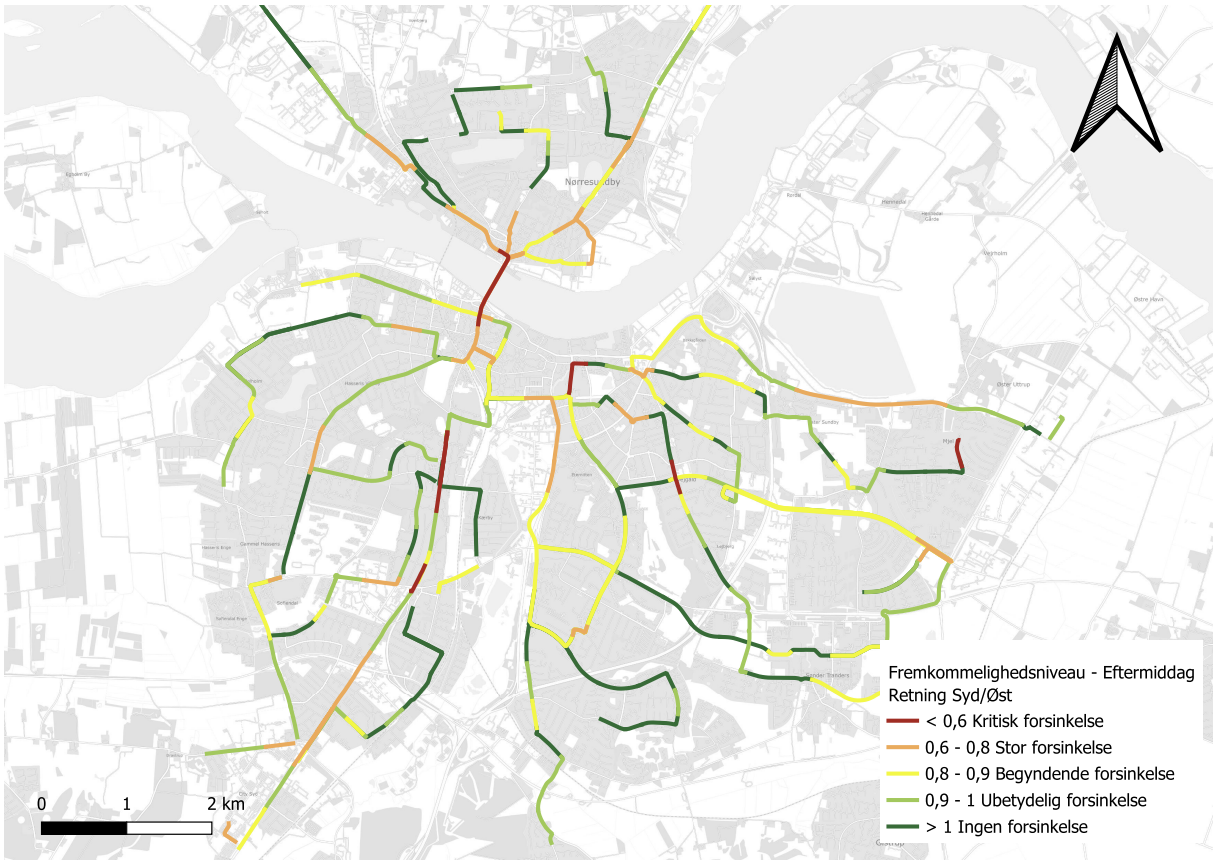
Figur 2.6. Fremkommelighedsniveau morgen i nord/vestlig retning.



Figur 2.7. Fremkommelighedsniveau eftermiddag i nord/vestlig retning.



Figur 2.8. Fremkommelighedsniveau morgen i syd/østlig retning.



Figur 2.9. Fremkommelighedsniveau eftermiddag i syd/østlig retning.

På kortene ses enkelte endestationer med angivelse af kritisk forsinkelse. Dette kan dog skyldes uhensigtsmæssig køreadfærd fra chaufføren eller forskelle i køreplaner fra dag til nat, da der ikke er identificeret egentlige fremkommelighedsudfordringer på disse strækninger.

Flere buslinjer, herunder linje 5, 6 og 19, er ikke afbildet i kortlægningen, da ingen af dem har afgange mellem kl. 22:00 og 23:00 – det tidsrum, der er anvendt som reference for fri fremkommelighed. Det ville være muligt at beregne en gennemsnitshastighed for mellem stoppesteder, men dette er fravalgt for at afgrænse projektets omfang. Figur 2.10 viser eksempelvis hvordan buslinje 6 sidder i kø på Forbindelsesvejen – en forsinkelse, der ikke fremgår af den overordnede kortlægning.

Figur 2.10. Buslinje 6, som sidder i kø på Forbindelsesvejen om morgenen.

Tabel 2.2 giver en oversigt over de strækninger, hvor der er registreret kritisk forsinkelse.

Tabel 2.2. Kritiske fremkommelighedsværdier.

Strækning	**Morgen**	**Eftermiddag**
Hobrovej (Provstejorden - Skipperen)	0,369	0,590
Hasserisvej (Constancevej - Sankt Jørgens Gade)	0,400	0,575
Limfjordsbroen (Østerbrogade - Vesterbro)	0,432	0,710
Limfjordsbroen (Vesterbrogade - Vesterbro)	0,441	0,708
Hjørringvej (Nr. Uttrup Kirke - Nr. Uttrup Torv)	0,442	0,646
Limfjordsbroen (Østerbrogade - Jomfru Ane Gade)	0,445	0,769
Sønderbro (Eternitten - Vandværket)	0,515	0,551
Skelagervej (Hasseris Gymnasium - Skelagergårdene)	0,523	0,634
Østerbro (Østerport - Lundbyesgade)	0,553	0,536
Skelagervej (Malurtvej - Gøteborgvej)	0,556	0,648
Hobrovej (Sofiendalsskolen - Mariendal Mølle)	0,575	0,741
Hadsundvej (Filstedvej - Doravej)	0,577	0,707
Sønderbro (Eternitten - Kærvanghus)	0,577	0,677
Hjørringvej (Ø. Fælledvej - Nr. Uttrup Kirke)	0,579	0,794
Annebergvej (Annebergcenteret - Anneberghus)	0,583	0,670
Hadsundvej (Doravej - Filstedvej)	0,593	0,534
Hobrovej (Firkløvervej - Mariendal Mølle)	0,678	0,325
Limfjordsbroen (Vesterbro - Vesterbrogade)	0,930	0,522
Østerbro (Bonnesensgade - Karolinelundsvej)	0,691	0,524
Hobrovej (Sygehus Syd - Skipperen)	0,678	0,536
Vesterbro (Vesterbro - Budolfi Plads)	0,727	0,550
Vesterbro (Sankt Jørgens Gade - Budolfi Plads)	0,623	0,555
Hobrovej (Skipperen - Sygehus Syd)	0,766	0,573
Sønderbro (Kærvanghus - Eternitten)	0,736	0,575
Hobrovej (Mølleparkvej - Sygehus Syd)	0,917	0,592

Analysen beskriver, at udfordringerne ligger på strækningen mellem to stoppesteder. I virkeligheden er årsagen til fremkommelighedsudfordringerne dog krydsene, som fungerer som flaskehalse for trafikafviklingen, og ikke strækningerne mellem stoppestederne.

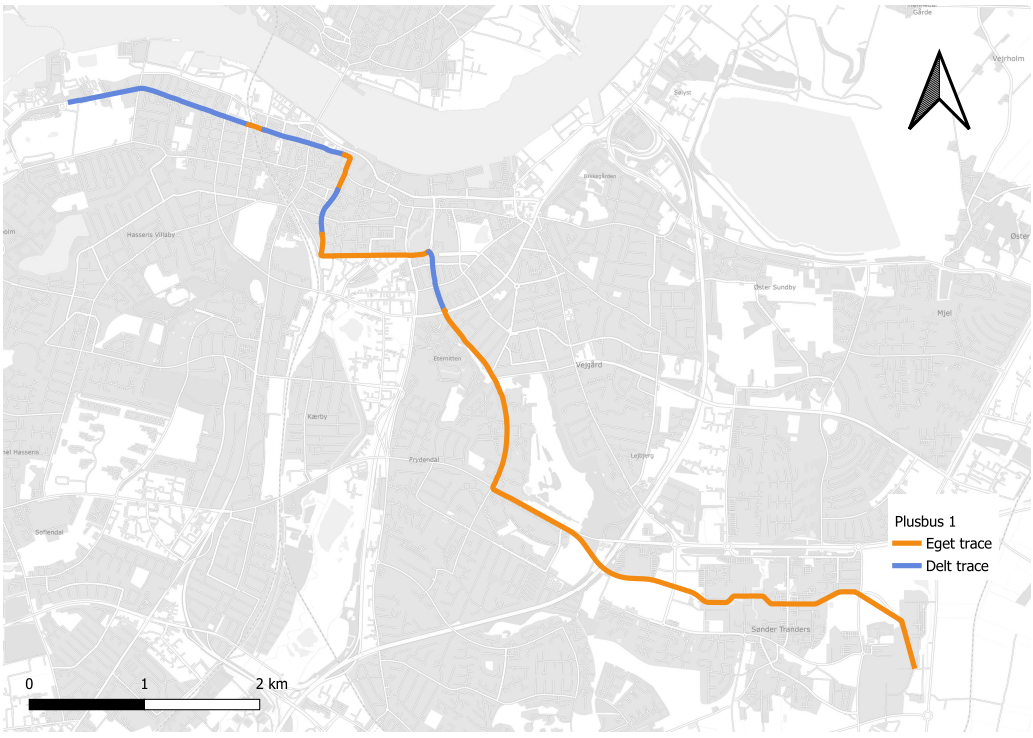
3 | Problemanalyse

Kortlægningen i det forrige kapitel identificerer flere strækninger med kritiske forsinkelser. Forbedringer på disse strækninger er afgørende, da de vil have en betydelig indvirkning på bussernes fremkommelighed. For alle lokaliteter med kritiske forsinkelser er der foretaget besigtigelser for at observere udfordringerne og årsagerne til den dårlige fremkommelighed i myldretiden. Notater fra besigtigelserne findes i bilag C på side 50.

3.1 Sammenligning af forrige analyser

Analysen fra 2010 resulterede i et katalog med forskellige løsninger, der kunne forbedre fremkommeligheden på en række lokaliteter og strækninger for busserne. Flere af disse forslag er siden blevet realiseret, mest betydningsfuldt forskellige etaper af busbaner på Universitetskorridoren (Buslinje 2), som i dag udgør Danmarks første BRT-linje - Plusbus 1. (Øhlenschlæger et al., 2010)

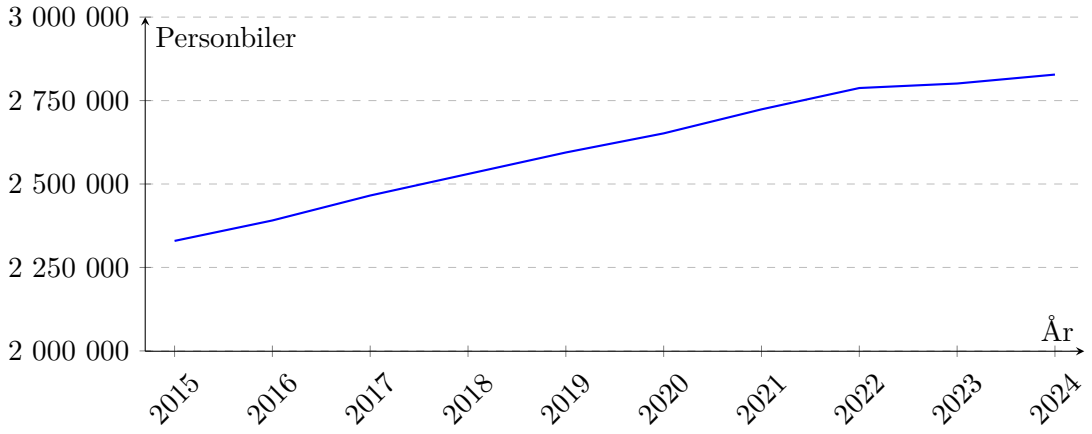
Når analysen i rapporten sammenlignes med kortlægningerne fra tidligere år, som findes i bilag A på side 39, fremgår det, at netop denne har oplevet markante forbedringer. Det samlede Plusbus 1 projekt stod færdig 2023, og derfor kan de sidste udbedringer sammenlignes mens de seneste analyser i bilaget, hvor en stor del af ruten kører i eget trace. Kortet i figur 3.1 viser tracet for Plusbus 1.



Figur 3.1. Plusbus 1 i Aalborg.

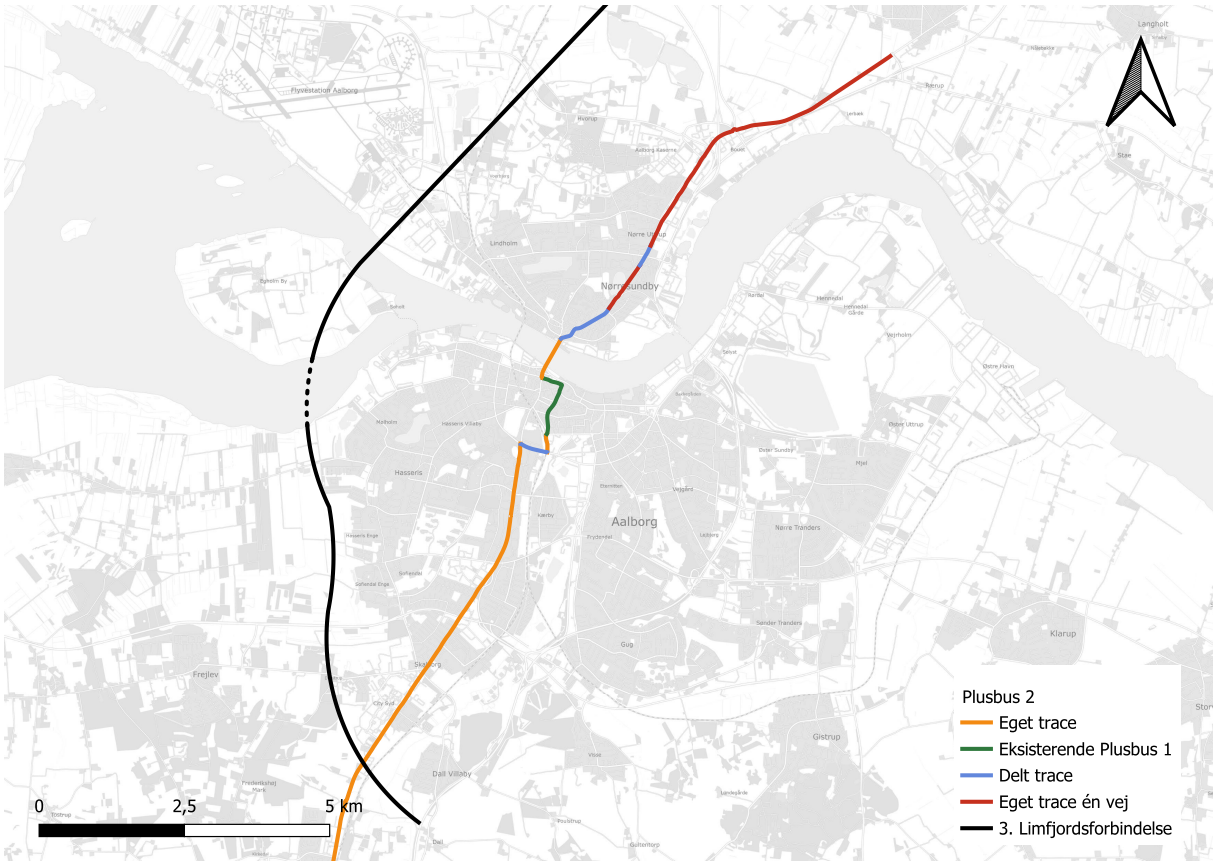
Udover forbedringerne langs Plusbus 1-tracéet er der desværre også sket forværringer flere andre steder, såsom på Hasserisgade og Østerbro. Disse forværringer skyldes sandsynligvis en stigning i antallet af private biler siden 2015. Fra 2015 til 2024 er antallet af registrerede biler steget med 21 %. Udviklingen i antallet af indregistrerede biler i Danmark er vist i figur 3.2. (Danmarks Statistik, 2025)

Figur 3.2. Antal registrerede personbiler i Danmark. (Danmarks Statistik, 2025)



3.2 Plusbus 2

Plusbus 1-projektet i Aalborg har været en succes fra et fremkommelighedsperspektiv. Busserne prioriteres i trafikken og bybilledet, hvilket resulterer i færre afvigelser i rejsetiderne i myldretiden langs linjeføringen. En anden strækning, hvor der også i Aalborg overvejes at etablere en BRT-linje, er den eksisterende Buslinje 1, som forbinder Aalborgs nordlige og sydlige dele. Kortet på figur 3.3 viser den planlagte rute for den nye Plusbus 2. (COWI et al., 2022)



Figur 3.3. Forslag til linjeføring for Plusbus 2 i Aalborg, samt skitse af 3. Limfjordsforbindelse. (COWI et al., 2022; Vejdirektoratet, 2025)

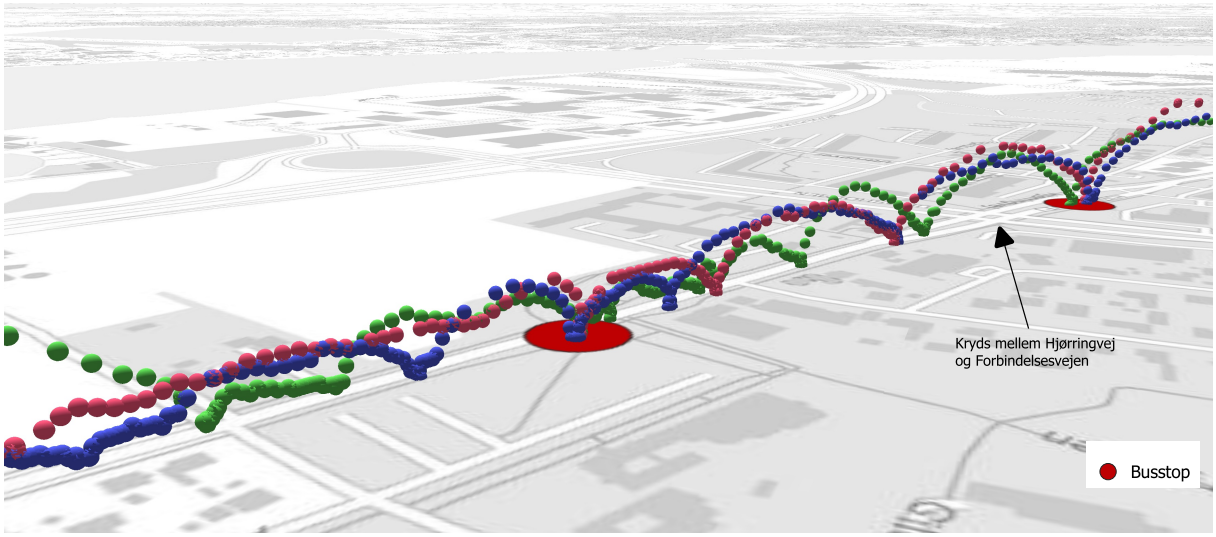
Dette projekt vil, ligesom det forrige Plusbus-projekt, prioritere bussens fremkommelighed. Langs ruten for den kommende Plusbus 2 ligger imidlertid flere strækninger, der i dag er klassificeret som kritisk forsinkede. De tre strækninger er:

- Hjørringvej
- Limfjordsbroen
- Hobrovej

Disse lokaliteter vil derfor fremover være i fokus. I en sammenfattende rapport vil det blive præsenteret, hvordan der vil blive etableret busbaner på dele af strækningen, samt hvilke dele af strækningen der vil have delt tracé. (COWI et al., 2022)

Krydset mellem Hjørringvej og Forbindelsesvejen

På Plusbus 2-strækningen er det planlagt, at bussen skal køre sammen med de øvrige trafikanter og ikke i eget tracé. I besigtigelsen, beskrevet i afsnit C.3 på side 52, blev der identificeret særlige udfordringer ved tilbagestuning i to vejgrene, som påvirker trafikafviklingen. Kortet i figur 3.4 viser, hvordan flere busser stopper op flere gange og står i kø, når de skal passere krydset.

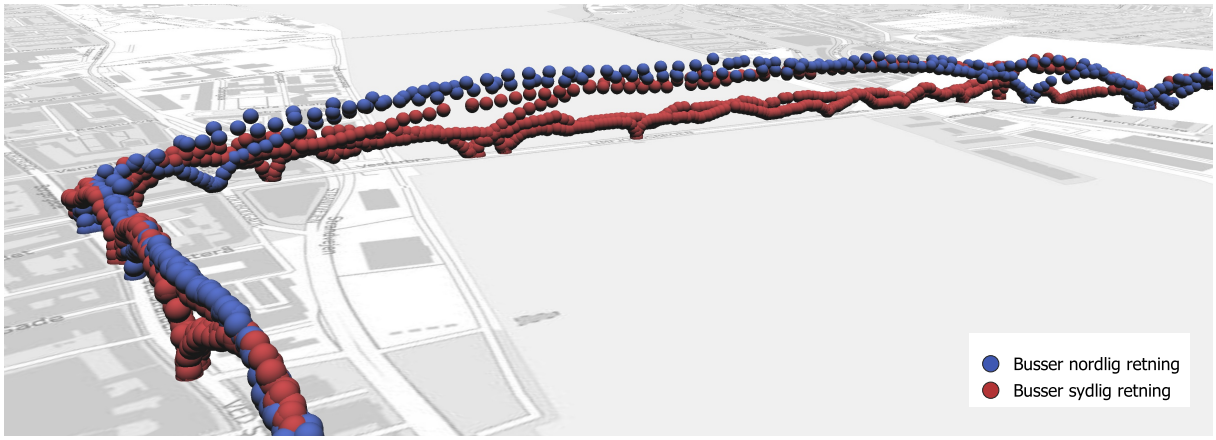


Figur 3.4. GPS-lokationen for 3 udvalgte busser, der kører ad Hjørringvej ind mod byen i morgenspidstimen, og hastigheden er projekteret i højden.

De udvalgte busser er dem, der oplever fremkommelighedsudfordringer i morgen- eller eftermiddagstrafikken.

Limfjordsbroen

Der er dagligt meget trafik, som krydser Limfjorden via Limfjordsbroen, hvilket skaber fremkommelighedsudfordringer for busserne i myldretiden. Især busser, der skal ind til Aalborg i morgenmyldretiden, kan opleve betydelige problemer. Figur 3.5 viser, hvordan rejsehastigheden for busser i sydgående retning påvirkes af disse udfordringer.



Figur 3.5. GPS-lokationen for udvalgte busser, der kører over Limfjordsbroen i morgenspidstimen, og hastigheden er projekteret i højden.

Sammenlignes hastigheden for busserne i sydlig retning med busser som kører i nordlig retning samme tid, så er rejsehastigheden generelt lavere.

I forbindelse med Plusbus 2-projektet er der fremsat forslag om at etablere busbaner i begge retninger over Limfjordsbroen. Dette vil dog forudsætte en reduktion af den øvrige trafik til to vognbaner. En sådan ændring kan først vurderes som realistisk, når den 3. Limfjordsforbindelse via Egholm står færdig – ifølge Vejdirektoratet forventes dette at ske i 2034. Strækningen over Limfjordsbroen er derfor ikke inkluderet i analysen, da de nuværende trafikale udfordringer ikke kan løses tilfredsstillende, før denne nye forbindelse – der betragtes som kritisk infrastruktur – er etableret. Den 3. Limfjordsforbindelse er vist på figur 3.3 på side 12. (Vejdirektoratet, 2025)

Hobrovej

I Plusbus 2-projektet er det præsenteret, at der langs størstedelen af Hobrovej skal etableres busbaner, så busserne kan køre i eget tracé. Dette vil forbedre de nuværende forhold, hvor Hobrovej i dag har fremkommelighedsudfordringer for busserne som vist i kortlægningen. Samtidig er det en af de korridorer, hvor flest busser kører, da den også betjener andre bybusser og mange regionale busser, der skal ind til Aalborg Busterminal.

Et af de kryds på strækningen, der forårsager fremkommelighedsudfordringer i spidstimen, er krydset mellem Hobrovej og Ny Kærvej / Vestre Alle. Kortet på figur 3.6 viser, hvordan flere busser har udfordringer med at komme igennem krydset i spidstimen og ender med at skulle igennem flere omløb i signalanlægget.

Figur 3.6. GPS-lokationen for 3 udvalgte busser, der kører ad Hobrovej ind mod byen i morgenspidstimen, og hastigheden er projekteret i højden.

Ud fra figuren kan man se, at flere busser efter busstoppet i det forrige kryds ender med at skulle stoppe op til tre gange, før de kan køre igennem krydset.

Effekterne af Plusbus 2

Set fra et fremkommelighedsperspektiv er den mest effektive løsning på flere af de strækninger, der i dag oplever udfordringer, at etablere busbaner gennem krydsene. Dette vil sikre, at busserne kan passere uden forsinkelser forårsaget af øvrig trafik. En så markant reduktion af vejnettets kapacitet vil dog medføre en række konsekvenser.

I forbindelse med Sammenfatningsrapporten for Plusbus 2, er der lavet en analyse i Aalborgs Trafikmodel af, hvilke konsekvenser de store indskæringer på vognbaner vil have for transportarbejdet. Disse overslag er vist i figur 3.1 og figur 3.2. (COWI et al., 2022)

Tabel 3.1. Ekstra 1.000 køretøjskilometer pr. år. (COWI et al., 2022)

Eksisterende rejsende	
Personbil	1830 km
Varebil	485 km
Lastbil	165 km
Overflyttede rejsende	
Personbil	20 km
Varebil	0 km
Lastbil	0 km

Tabel 3.2. Ekstra køretøjstimer pr. år. (COWI et al., 2022)

Eksisterende rejsende	
Personbil	750 timer
Varebil	80 timer
Lastbil	50 timer
Overflyttede rejsende	
Personbil	10 timer
Varebil	0 timer
Lastbil	0 timer

Tabellerne viser en betydelig vækst i transportarbejdet, hvilket medfører både miljømæssige og samfundsøkonomiske konsekvenser ved gennemførelsen af hele Plusbus 2-projektet. Det er også tydeligt, at overflytningen af rejsende fra biler til kollektiv trafik er minimal.

Årsagen til, at ikke flere rejsende skifter transportform, er, at konkurrenceforholdet mellem bil og kollektiv trafik er så stort, at det i praksis er meget få, der reelt skifter. Tiltagene medfører i virkeligheden blot et øget transportarbejde. Det der mangler i Aalborgs Trafikmodel, er modelleringen af cyklister, hvor overflytningen mellem cyklister og kollektiv transport er meget større.

4 | Problemformulering

Fremkommelighed for busser er et centralt pejlemærke i den fremtidige planlægning af den kollektive trafik. Derfor er det afgørende at have et solidt grundlag for, hvor indsatsen for forbedringer bør sættes ind. På baggrund af en kortlægning af busfremkommeligheden i denne rapport identificeres en række steder, hvor busserne har svært ved at opretholde fremkommeligheden, særligt i morgen- og eftermiddagens spidstimer.

De fleste af disse udfordringer opstår i signalregulerede kryds, hvoraf flere indgår i den potentielle fremtidige Plusbus 2-linje. Det er ikke overraskende, da kryds ofte udgør flaskehalse i trafikken, især i byområder med høj trængsel. Selvom etablering af busbaner er den mest effektive løsning til at forbedre bussernes fremkommelighed, vil en sådan løsning få betydelige konsekvenser for afviklingen af den øvrige trafik.

Det som projektet da ønsker at undersøge:

Hvordan kan en betinget busprioritering i signalanlæg, baseret på flere parametre som passagertal, relativ forsinkelse og hastighed, forbedre busfremkommeligheden uden at forringe afviklingen af den øvrige trafik?

Prioritering af specifikke køretøjer i signalanlæg er ikke et nyt fænomen. Det er almindeligt, at busser, udrykningskøretøjer og andre særlige trafikanter indgår i eksisterende prioriteringsstrategier. Men hvis signalstyringen i højere grad kunne tage hensyn til faktorer som passagertal og forsinkelse fra køreplanen, ville busser med fremkommelighedsudfordringer potentielt kunne undgå forsinkelser. (Vejdirektoratet, 2015)

Dette projekt simulerer trafikafviklingen i krydset mellem Hobrovej og Ny Kærvej. Lokationen er udvalgt af flere grunde. Hobrovej er udpeget som en mulig strækning for etablering af busbaner – et indgreb, der vil have betydelig effekt på vejnettets kapacitet og sandsynligvis medføre en stigning i det samlede transportarbejde, snarere end en reel overflytning af bilister til kollektiv trafik. Samtidig viser kortlægningen, at fremkommeligheden i dag er kritisk forsinket. Derudover er der tale om en vigtig buskorridor for trafik ind og ud af Aalborg.

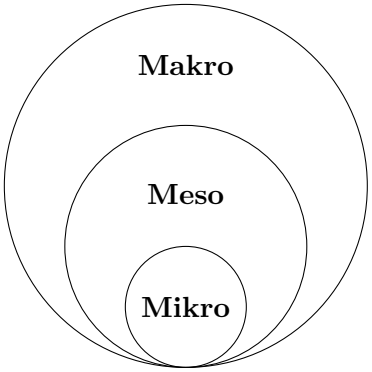
Projektet vil undersøge, hvordan en mere intelligent og betinget busprioritering kan integreres i signalstyringen. Når en bus detekteres, skal systemet kunne tage højde for antallet af passagerer, den aktuelle forsinkelse i forhold til køreplanen samt vurdere, om en forlængelse af grøntiden er tilstrækkelig til, at bussen kan passere. Erfaringerne fra casen vil kunne bidrage til planlægningen af en fremtidig Plusbus 2-linje i Aalborg, hvor resultaterne kan indgå i beslutninger om udformning og programmering af signalanlæg. Desuden vil resultaterne kunne anvendes som inspiration i andre signalanlæg, hvor busser i dag har vanskeligt ved at opnå tilfredsstillende fremkommelighed.

Del II

Metode

5 | Trafikberegningsmetoder

Der findes flere forskellige værktøjer og metoder til at beregne trafik. Populært kan det beskrives, at trafik kan regnes på tre niveauer: makroskopisk, mesoskopisk og mikroskopisk. Sammenhængen mellem dem er vist på figur 5.1. Illustrationen viser, at der er en sammenhæng mellem de forskellige niveauer, og at det afhænger af detaljegraden, som er nødvendig for et givent projekt.

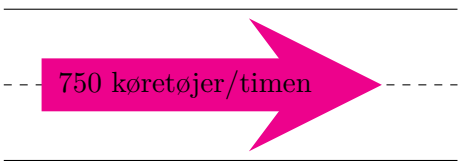


Figur 5.1. Grader af simulering.

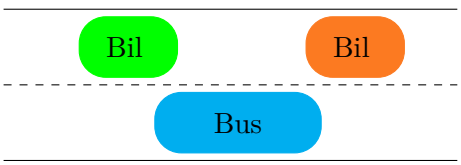
I Danmark har DTU udviklet den Grønne Mobilitetsmodel (GMM), en omfattende trafikmodel, der på makroskopisk niveau beregner trafik på større nationale veje. Trafikmodellen kan analysere og vurdere betydningen af større anlægsprojekter, såsom den 3. Limfjordsforbindelse og den midtjyske motorvej. GMM driftes i dag af Vejdirektoratet.

På et mesoskopisk niveau har Aalborg Kommune sin egen trafikmodel, da GMM ikke kan bruges til at vurdere de trafikale konsekvenser af at bygge et nyt supersygehus i Aalborg Øst på eksempelvis lokalvejene i kommunen. Denne simulering fungerer grundlæggende på samme måde, men afgrænser sig til et mindre geografisk område.

Sidstnævnte er et mikroskopisk perspektiv, hvor et kryds, eventuelt med enkelte andre, bliver vurderet. Dette er muligt at beregne med DanKap. Denne metode, samt alle tidligere beregningsmetoder, har det til fælles, at de beregnes deterministisk, og resultatet vil ikke variere mellem simuleringer. Alternativt kan der udføres en stokastisk simulering i et simuleringsprogram som eksempelvis VISSIM. I et sådant program simuleres alle trafikanter enkeltvis, og tilstedeværelsen af andre trafikanter vil påvirke adfærden. Der opstår derved en vis tilfældighed, ligesom almindelig adfærd i trafikken. Figur 5.2 viser, hvordan trafikstrømmen beregnes som en homogen størrelse, mens hver bil i en stokastisk simulering vil være alene, som vist i figur 5.3.



Figur 5.2. Deterministisk simulering.



Figur 5.3. Stokatisk simulering.

For at undersøge problemstillingen, hvor enkelte busser vurderes ud fra forskellige egenskaber, vil det være nødvendigt at lave en stokastisk mikrosimulering af casen. Dette vil gøre det muligt at undersøge forskellige parametres indvirkning på bussers fremkommelighed.

6 | Litteraturstudie

Som beskrevet tidligere, er prioritering i signalanlæg ikke nyt. En prioritering er ikke kun begrænset til kollektiv transport, men kan også omfatte udrykningskøretøjer, bløde trafikanter og andre trafikanter. Vejdirektoratet har også beskrevet dette i håndbogen "*Prioritering af køretøjer i signalanlæg, systemteknisk koncept*"(Vejdirektoratet, 2015). Litteraturstudiet vil fokusere på generelle erfaringer og viden om prioritering i signalanlæg.

6.1 Metode

Til litteraturstudiet er der foretaget en struktureret søgning i databasen `scopus.com`, som indeholder en omfattende samling af videnskabelige artikler. Derudover er der søgt i artikelarkivet hos Trafik & Veje for også at undersøge nationale erfaringer.

På `scopus.com` er følgende søgeprompt brugt:

TITLE-ABS-KEY ((microsimulation OR "Micro simulation") AND ("Bus priority"OR "Light rail priority"OR "Transit priority")) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))

Søgeprompten omfatter mikrosimulering og busprioritering, men dækker også emnet prioritering mere generelt. Der søges udelukkende efter artikler inden for ingeniørfaglige områder, som er publiceret inden for de seneste 10 år. På `scopus.com` resulterede søgningen indledningsvist i 16 artikler.

I artikelarkivet hos Trafik & Veje blev der søgt efter artikler, som indeholder enten ordet "busprioritering"eller "busfremkommelighed". Her blev kun artikler, der er maksimalt 10 år gamle, udvalgt. De fundne artikler blev efterfølgende gennemgået med henblik på at identificere dem, der er relevante for projektets problemfelt. Denne søgning gav 28 artikler.

I udvælgelsesprocessen blev artikler, der ud fra deres titel vurderedes ikke at være relevante for projektets problemfelt, frasorteret. For de resterende artikler blev først abstraktet læst, og derefter hele artiklen, med det formål at vurdere relevansen mere grundigt. Denne sortering resulterede i, at 14 artikler blev udvalgt, hvor sorteringen er vist i tabel 6.1.

Tabel 6.1. Frasortering af artikler.

Kilder fundet	n = 44
Frasorteret overskrifter	n = 33
Frasorteret abstract	n = 21
Frasorteret hele artiklen	n = 14

Disse artikler er derefter sorteret i temaer, hvor litteraturens erfaringer bliver beskrevet.

6.2 Temaer

Kortlægning af fremkommelighedsproblemer

En systematisk kortlægning af busfremkommelighedsproblemer er afgørende for at kunne prioritere og målrette investeringer i kollektiv infrastruktur. Holland & Jensen (2016) viser, hvordan Aalborg Kommune anvendte historiske GPS-data til at analysere rejsehastigheder og identificere flaskehalse, hvilket dannede grundlag for et projektkatalog med prioriterede tiltag. Movia gennemførte en regional screening med ny udpegningsmetode, der afslørede skjulte fremkommelighedsproblemer, hvilket resulterede i over 200 projektforslag fordelt på tværs af kommuner (Olsen et al., 2017).

Rejsetid og regularitet

Reduktion af rejsetid og øget forudsigelighed er centrale mål i kollektiv trafik. Hao et al. (2016) viser, at integreret signalstyring og dynamisk vognbanetildeling markant reducerer busforsinkelser i komplekse kryds. Erfaringer fra Aarhus og Hillerød dokumenterer, hvordan GPS-baseret og cloud-drevet signalprioritet reducerer rejsetider med op til 15 % og forbedrer punktlighed (Hjorth & Meyer, 2021; Halskov & Rasmussen, 2024). Derudover påviser Olsen et al. (2017), hvordan dataanalyse af rejsetid bidrager til strategisk udpegning og optimering.

Detektering og intelligent styring

Detekteringsteknologi spiller en nøglerolle i effektiv busprioritering. Sharma (2015); Find (2022) beskriver skiftet fra spoledetektering til GPS- og serverbaseret prioritet, der tillader dynamisk og hierarkisk styring. Aarhus' åbne og standardiserede system muliggør fleksibel og skalerbar implementering (Halskov & Rasmussen, 2024). Schultz (2017); Jørgensen & Randleff (2023) viser, hvordan intelligente systemer kan prioritere busser efter forsinkelse og passagerbelastning via centrale systemer som MobiMaestro.

Infrastruktur og fysiske tiltag

Fysisk infrastruktur kan være nødvendigt supplement til signalprioritering, især i tætbebyggede områder. Aalborgs Plusbus-projekt viser, at dedikerede tracéer, adgangsbegrænsninger og ombygning af kryds er afgørende for effektiv drift (Schultz, 2019). I både Roskilde og Frederiksberg er busbaner og gatesignaler blevet implementeret for at opnå forbedret fremkommelighed (Sharma, 2015). Islam et al. (2016) dokumenterer, at fysiske løsninger i kombination med TSP kan give store samlede effekter.

Gevinster og samfundsperspektiv

Studierne peger samstemmende på, at selv beskedne forbedringer i busfremkommelighed kan give stor samfundsøkonomisk gevinst, særligt på strækninger med høj passagerbelastning. Jakobsen et al. (2016) dokumenterer interne afkast på op til 105 %. Samtidig viser Jørgensen & Randleff (2023), at et flertal i befolkningen bakker op om prioritering af busser i områder med høj trængsel. Investeringer i busfremkommelighed er dermed både effektive og politisk bæredygtige.

6.3 Opsummering

Litteraturstudiet viser samlet set, at busfremkommelighed er en nøglefaktor for at sikre en attraktiv, effektiv og bæredygtig kollektiv trafik. Erfaringerne på tværs af danske og internationale cases peger på, at det kræver en flerstrenget indsats at opnå mærkbare forbedringer: fra kortlægning og datadrevet analyse til intelligent styring og fysiske indgreb i infrastrukturen.

En systematisk kortlægning af fremkommelighedsproblemer, baseret på GPS-data og rejsetidsanalyser, giver et præcist grundlag for at identificere flaskehalse og prioritere indsatser. Intelligent busprioritering, herunder GPS-baseret detektering og cloudbaseret signalstyring, gør det muligt at tilpasse prioriteringen dynamisk efter trafikale forhold, forsinkelsesgrad og buslinjernes betydning. Samtidig viser erfaringerne, at signaltekniske løsninger alene ikke er tilstrækkelige. Fysiske tiltag såsom busbaner, gatesignaler og restriktioner for biltrafik er ofte nødvendige for at sikre stabil og forudsigelig fremkommelighed – især i tætte byrum.

Flere studier dokumenterer betydelige effekter: reduktioner i rejsetid på op til 15 %, færre forsinkelser, forbedret punktlighed og en reduceret driftsomkostning ved mindre behov for bufferkapacitet. På samfundsniveau er gevinsterne store, med dokumenterede interne afkast på over 100 %, og der er folkelig opbakning til at prioritere kollektiv trafik i byer med høj trængsel.

Erfaringerne understreger, at succesfuld busfremkommelighed ikke opnås gennem enkeltstående teknologiske løsninger, men kræver en helhedsorienteret tilgang. Det indebærer samarbejde mellem vejmyndigheder, trafikselskaber og teknologileverandører samt en løbende anvendelse af data til evaluering og justering. Kun gennem en sådan integreret og strategisk indsats kan bustrafikken tilbyde et konkurrencedygtigt alternativ til privatbilisme og bidrage til en mere bæredygtig mobilitet.

7 | Simulering

Dette kapitel redegør for de antagelser og forudsætninger, der ligger til grund for simuleringen af casen, som tager udgangspunkt i et firbenet, signalreguleret kryds på Hobrovej i Aalborg. Krydsets placering fremgår af figur 7.1. Simuleringen gennemføres i VISSIM 2025, og opsætning samt kalibrering følger retningslinjerne i Vejdirektoratets håndbog *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller* (Vejdirektoratet, 2019).

Figur 7.1. Placering af kryds i Aalborg.

Det valgte kryds er i dag samordnet med øvrige signalanlæg på Hobrovej og opererer med en fast omløbstid på 80 s. Der er allerede implementeret ubetinget busprioritering i den primære kørselsretning, hvor busser tildeles prioritet, såfremt de registreres i anmeldelsesperioderne. Den nuværende opsætning af signalprogrammet er beskrevet i bilag D på side 57.

Formålet med projektet er at undersøge effekten af en betinget busprioritering, hvor prioritet kun tildeles busser, der opfylder tre specifikke kriterier:

1. Bussen har passagerer ombord.
2. Den er forsinket i forhold til køreplanen.
3. Den forventes at kunne nå over krydset ved tildeling af eftergrønt.

Hvis blot én af disse betingelser ikke er opfyldt, bortfalder prioriteringen. Derudover inddrages også busser i de sekundære kørselsretninger i prioriteringssystemet, hvilket skaber mulighed for at forbedre deres fremkommelighed – forudsat, at de opfylder samme betingelser.

For at vurdere effekten af den betingede busprioritering simuleres to scenarier:

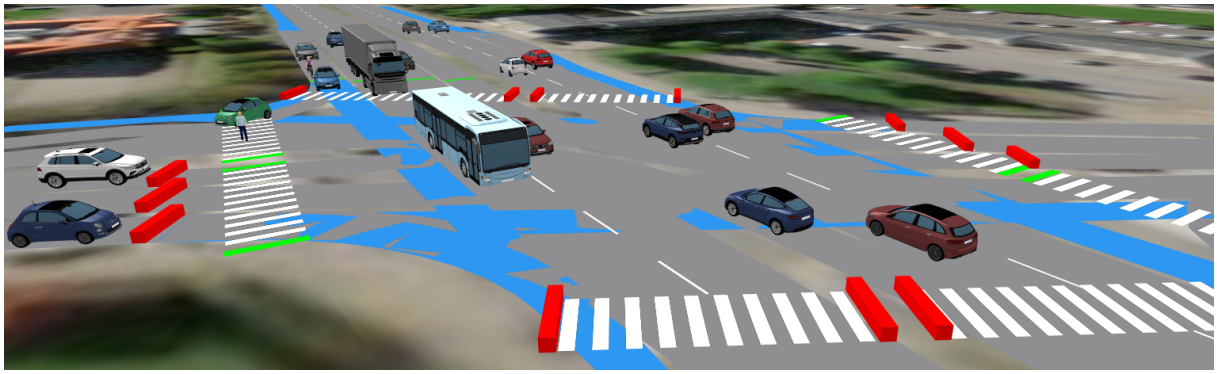
- Et basisscenarie, som afspejler den nuværende situation.
- Et alternativt scenarie, hvor signalprogrammet er justeret, mens øvrige forhold er uændrede.

Flowdiagrammer og en beskrivelse af logikken bag henholdsvis det eksisterende og det nye signalprogram fremgår af bilag E på side 85.

Hvert scenarie simuleres over et tidsrum, der repræsenterer en gennemsnitlig hverdag fra kl. 6:30 til kl. 19:00. Denne periode dækker både spidsbelastning og almindelig dagstrafik, hvilket sikrer en mere nuanceret vurdering. I alle scenarier registreres busrejsetider, men der lægges samtidig vægt på at analysere forsinkelse og kølængder for den øvrige trafik.

De trafiktal, der danner grundlag for simuleringen, er baseret på data fra TomTom MOVE Junction Analytics, en krydstælling fra 2017 samt supplerende observationer og tællinger. Detaljerede trafiktal og retningsfordelinger findes i bilag F på side 92. Trafikmængderne varierer i løbet af dagen for at afspejle de faktiske forhold.

Busdataene i simuleringen er ikke baseret på tællinger, men på et datasæt genereret ud fra oplysninger leveret af NT. Dette datasæt sikrer, at busser i modellen ankommer realistisk i forhold til tidspunkter, passagerantal og forsinkelse i henhold til køreplan. Figur 7.2 viser et skærmklip fra simuleringen i VISSIM, hvor forskellige trafikanttyper, herunder fodgængere og cyklister, indgår i modellen.



Figur 7.2. Skærmklip af simulering i VISSIM.

Det er vigtigt også at modellere fodgængere og cyklister, da de kan påvirke krydsets kapacitet. Cyklister på afkortede cykelstier optager plads i vejkrydset, mens fodgængere kan være dimensionerende for minimumsgrøntider, hvis de detekteres.

Del III

Resultater

8 | Rejsetider

Dette kapitel præsenterer de mest relevante resultater fra simuleringen i relation til problemformuleringen. Øvrige resultater er vedlagt i bilag G på side 105. Figur 8.1 viser navngivningen af de indfaldsveje, der indgår i analysen.

Figur 8.1. Navngivning af indfaldsveje til krydset.

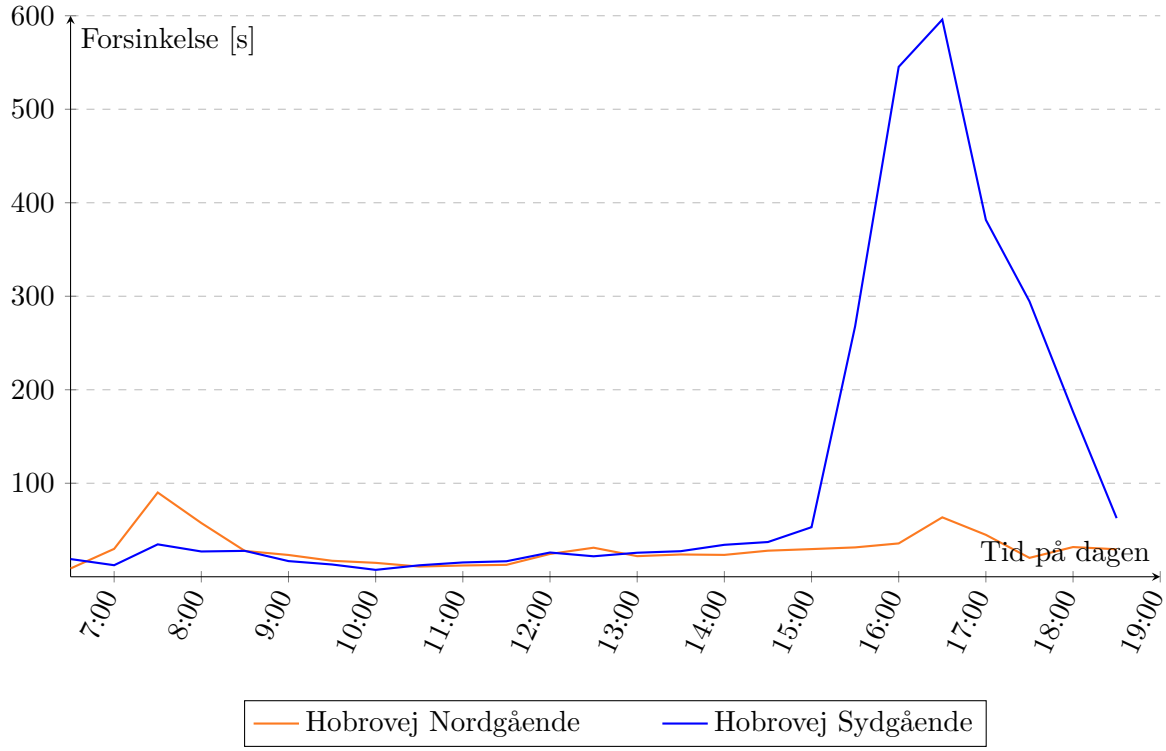
Flere forskellige buslinjer passerer gennem krydset, og de foretager forskellige svingbevægelser. Det er derfor interessant at undersøge, hvordan rejsetiden for disse busser er påvirket af den nye signalstyring.

8.1 Busser ad Hobrovej

Denne gruppe omfatter Bybus 1 samt de regionale busser, som kører lige igennem krydset ad Hobrovej.

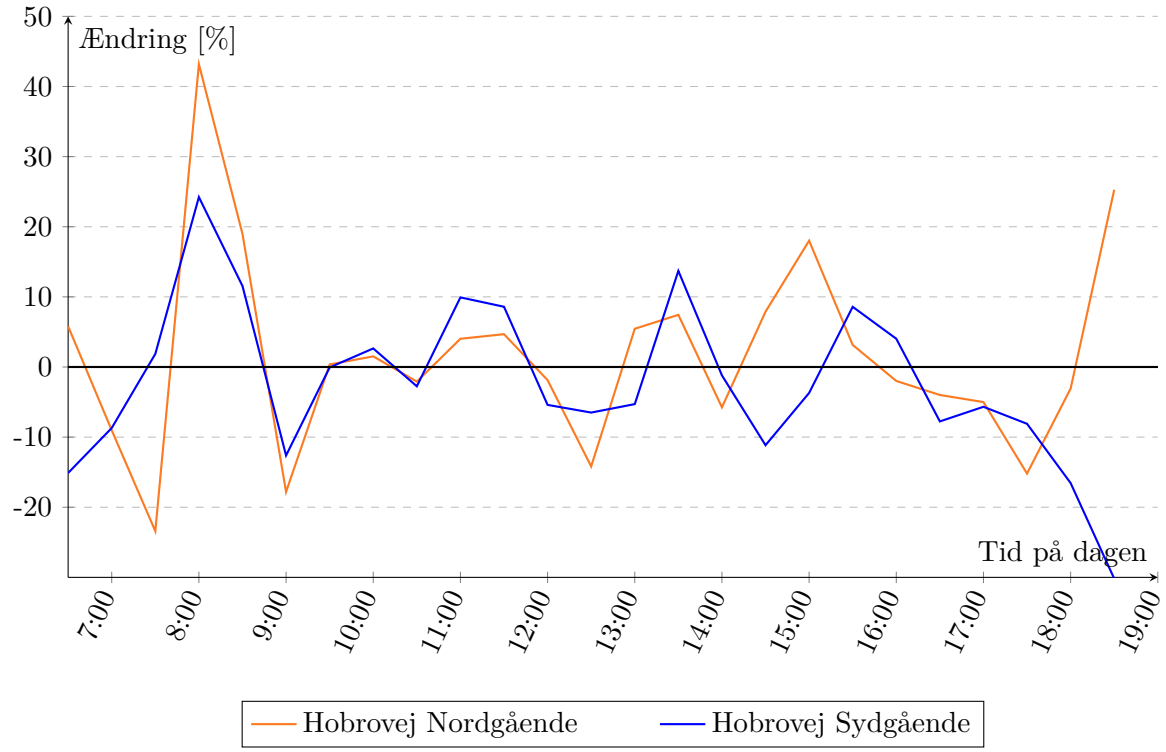
Figur 8.2 viser den gennemsnitlige forsinkelse for busserne i basisscenariet.

Figur 8.2. Forsinkelse for busser som kører lige gennem krydset.



Herefter viser figur 8.3 den relative ændring i rejsetid som følge af implementeringen af den nye signalstyring.

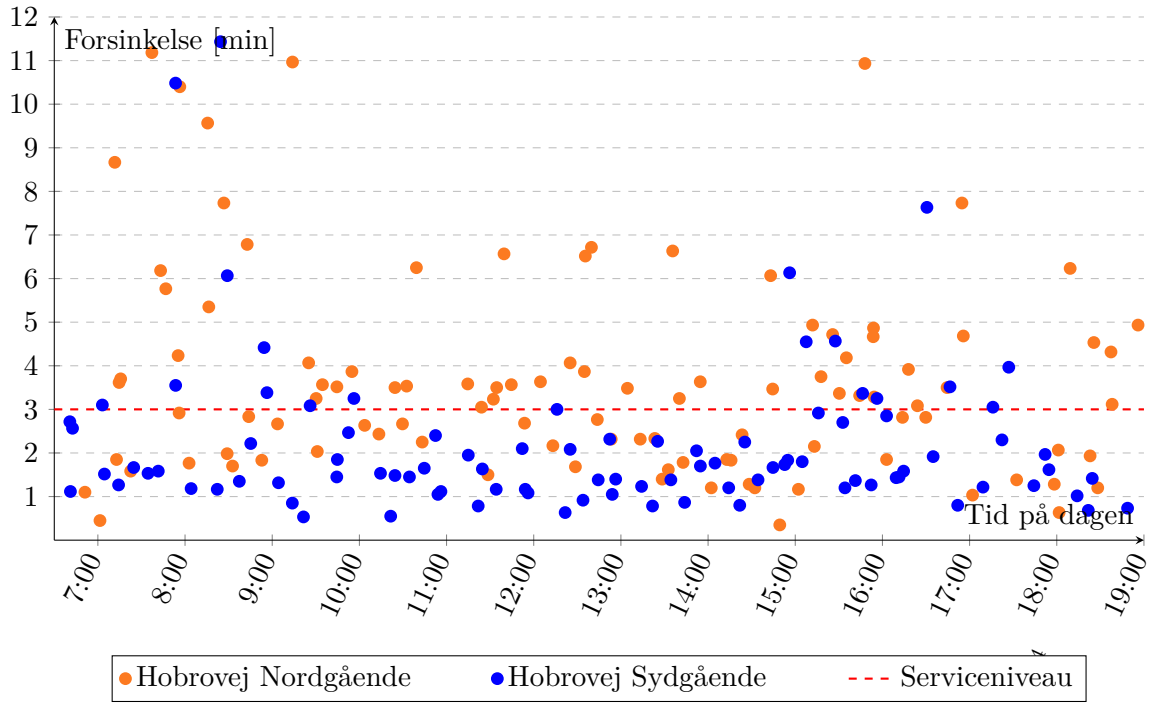
Figur 8.3. Relativ ændring af rejsetid for busser.



Endelig viser figur 8.4, de simulerede busser. Hver prik udgør en bus i simuleringen, samt hvor

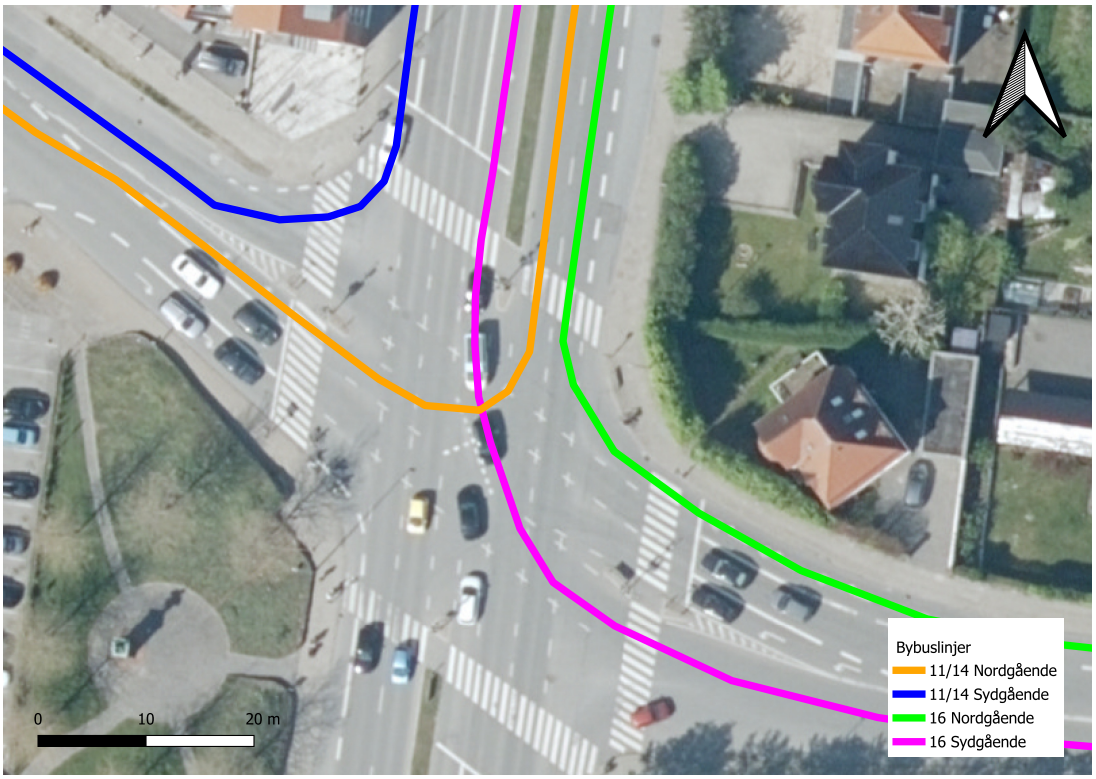
forsinket den er. Dette er baseret på historiske data fra NT.

Figur 8.4. De simulerede busser og deres forsinkelse.



8.2 Busser ad Ny Kærvej og Vestre Alle

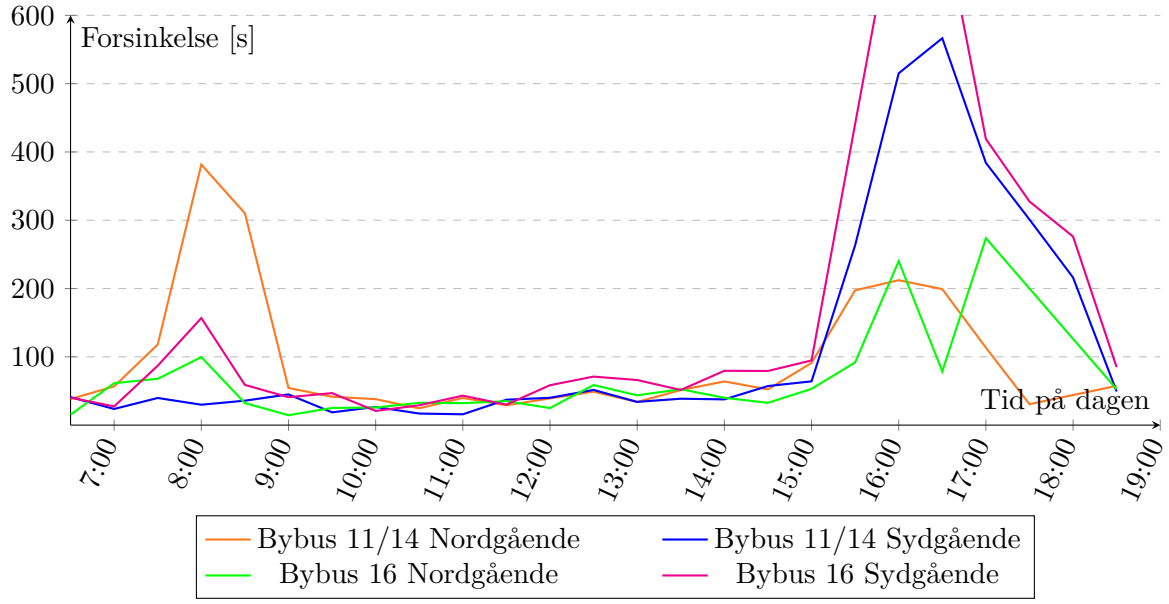
Ad Ny Kærvej og Vestre Alle kører bybus 11, 14 og 16, som alle enten svinger ind på eller ud fra Hobrovej. Buslinjerne og deres svingbevægelser er vist på kortet på figur 8.5.



Figur 8.5. Svingbevægelser for bybus 11, 14 og 16.

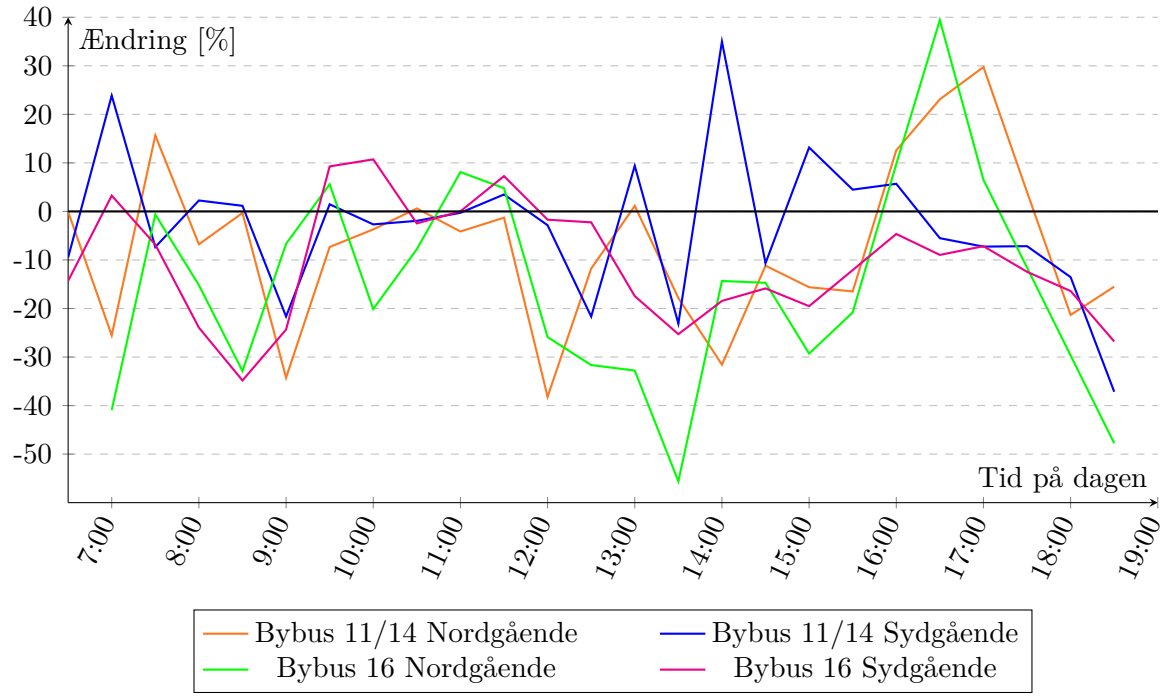
Grafen på figur 8.6 viser den forsinkelse, busserne har igennem døgnet, for de fire svingbevægelser.

Figur 8.6. Forsinkelse for busser som kører lige gennem krydset.



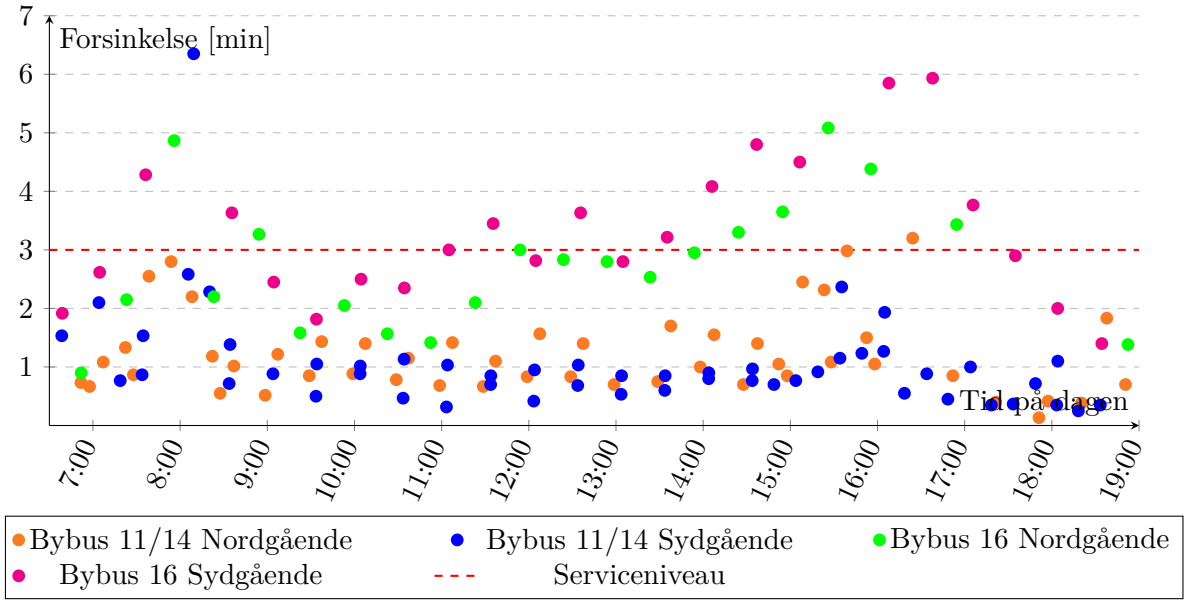
Grafen på figur 8.7 igen den så relative ændring i rejsetid som følge af implementeringen af den nye signalstyring.

Figur 8.7. Relativ ændring af rejsetid for busser.



Hvordan det kan sammenlignes med den de forsinkelser som allerede er i dag. Figur 8.8 viser hvor forsinket bussen er når den ankommer til krydset gennem dagen.

Figur 8.8. De simulerede busser og deres forsinkelse.



8.3 Forsinkelser og kølængder

Udover rejsetiderne for busserne er det relevant at dokumentere de forsinkelser og kølængder, som øvrige trafikanter oplever i krydset. Tabel 8.1 viser resultaterne for basisscenariet i morgenspidstimen, mens tilsvarende resultater for det alternative scenarie er vist på tabel 8.2.

Tabel 8.1. Forsinkelse og maksimale kølængde i morgenspidstimen for basis scenariet.

Vejgren	Forsinkelse	Maks kølængde
Hobrovej Nordgående	88 s	374 m
Hobrovej Sydgående	32 s	151 m
Ny Kærvej Vestgående	108 s	304 m
Vestre Alle Østgående	402 s	422 m*

*Når grænsen af modellen

Tabel 8.2. Forsinkelse og maksimal kølængde i morgenspidstimen for den nye signalstyring.

Vejgren	Forsinkelse	Maks kølængde
Hobrovej Nordgående	81 s	335 m
Hobrovej Sydgående	37 s	174 m
Ny Kærvej Vestgående	123 s	353 m
Vestre Alle Østgående	376 s	422 m*

*Når grænsen af modellen

De simulerede kølængder medfører, at trafikken tilbagestuer til omkringliggende kryds – en situation, der også kan observeres i det nuværende trafikbillede. I morgenspidstimen når kølængden mod Vestre Alle Østgående op på 422 m, mens der i eftermiddagsspidstimen simuleres kølængder på op til 800 m på Hobrovej Nordgående. Disse værdier ligger på eller over modellens kapacitetsgrænse, hvilket antyder, at modellen er dimensioneret for snævert i forhold til den reelle trafikale belastning. Dette tyder på, at modellen har været lavet for lille, og udfordrer validiteten af resultaterne.

Del IV

Diskussion

9 | Diskussion

9.1 Forbedrede rejsetider

En udfordring ved kun at prioritere busser, der både er forsinkede ud over en fastsat grænse og samtidig har flest passagerer ombord, er, at disse busser oftes findes i spidstimen. I spidstimen er busserne ofte allerede meget belastede, hvilket reducerer effekten af prioriteringen. Dette dilemma, at busserne er mest fyldte og forsinkede, når det er sværest at forbedre forholdene, fremhæves også i Hjorth & Meyer (2021), og det kan ligeledes udledes af det datamateriale udleveret af NT.

De grænseværdier, der anvendes til at vurdere, om en bus skal prioriteres, har været faste og ens gennem hele simuleringen, uanset om det er morgen-, dag- eller eftermiddagsprogrammet. Potentielt skulle disse grænser tilpasses løbende. Det er også valgt ikke at beregne rejsetider for rejsende, da datagrundlaget for passagerer i busserne har for stor usikkerhed, samtidig med en usikkerhed i belægningen på bilerne.

9.2 Implementering af betinget busprioritering

At busser kun prioriteres i signalanlæg, når de er forsinkede, er allerede blevet afprøvet i København, som beskrevet i Jørgensen & Randleff (2023). Ved at tildele prioritet baseret på både forsinkelse og indbyrdes prioritering mellem busser, blev der opnået forbedringer i busfremkommeligheden. I København har busserne dog ikke adgang til realtidsdata om passagertal. Når sådanne data bliver tilgængelige, vil det kunne muliggøre en endnu mere effektiv prioritering.

Dermed kan bussen i realtid sende information til styreanlægget, hvilket gør det muligt at tage højde for flere parametre end blot bussens tilstedeværelse. Det er derfor ikke urealistisk at implementere en beregning af forventet ankomsttid til krydset. Tiden kan estimeres ud fra bussens afstand til krydset, aktuelle hastighed og en eventuel acceleration. På den måde vil systemet kunne vurdere, om bussen kan nå frem ved en forlængelse af grøntiden. En sådan forventet ankomsttid ligger allerede i flere radarsystemer, men bliver ikke i dag anvendt til busprioritering.

9.3 Krydset - Hobrovej og Ny Kærvej / Vestre Alle

En af de væsentligste udfordringer i det pågældende kryds, hvilket også bekræftes af resultaterne fra simuleringerne, er de lange køer, som i perioder strækker sig tilbage til omkringliggende kryds. Selv uden at tage busprioritering i betragtning er det tydeligt, at krydsets kapacitet er opbrugt, specielt hvis en potentiel Plusbus 2 langs, Hobrovej skal have bedre fremkommelighed end i dag.

For at forbedre både busfremkommeligheden og den generelle trafikafvikling vil det derfor være nødvendigt at overveje en fysisk udvidelse af krydset. Som beskrevet i litteraturstudiet peges der også på, at infrastrukturtiltag ofte er nødvendige som supplement til signaltekniske løsninger.

Derudover kan det være relevant at revurdere omløbstiden og udarbejde et nyt vej-/tiddiagram for Hobrovej. Dette er siden, hastighedsgrænsen på strækningen er sat ned, siden seneste opdatering af signalgruppeplanen i 2019.

9.4 Begrænsninger i VISSIM

Ved programmeringen af den mere avancerede busprioritering i VISSIM opstod der udfordringer i logikprogrammet VISVAP. Detektoren PT Calling Point kan nemlig kun kommunikere på én kanal, hvilket betyder, at det ikke er muligt at modtage information om passagertal og forsinkelse for flere forskellige busser samtidig i logikken. Denne begrænsning kunne være omgået ved at programmere busanmeldelsen i et eksternt program og importere informationen til VISVAP.

I stedet blev løsningen, at busser detekteret på den primære strækning blev prioriteret, i tilfælde hvor to busser blev registreret samtidigt.

10 | Konklusion

I problemformuleringen udpeges et kryds på Hobrovej som case for at undersøge effekten af at implementere betinget busprioritering. For at en bus kan tildeles prioritet inden for anmeldelsesperioden, skal den opfylde visse kriterier – herunder være forsinket i forhold til køreplanen og have et minimumsantal passagerer ombord. Ved en forlængelse af grøntiden vurderes der løbende, om bussen når over for grønt. Opfyldes betingelserne ikke, bortfalder prioriteringen. Dette er blevet simuleret i VISSIM, hvor først den nuværende situation er modelleret, efterfulgt af et scenarie med et justeret signalprogram, der tager højde for de nævnte parametre.

Busserne som i dag kører på Hobrovej, som er ubetinget prioriteret, hvis de dektekteres i anmeldes perioden, hvor der i morgenspidsmtine er en forværring på mellem 20 % og 40 %. Dette var også forventet, da deres fremkommelighed i teorien er blevet forværret. For de sekundære retninger, så har busserne generelt oplevet en reduktion af forsinkelser over morgenspidstimen, på op mod 30 %. Dette samtidig med at 3 ud af 4 vejgrene har oplevet bedre trafikafvikling i samme periode. Der har dog været simuleret lange kølængder, som i spidstimen har nået grænserne for modellen, hvilket gør validiteten af resultaterne usikre.

Det konkluderes derfor, at det potentielt er muligt at implementere en betinget busprioritering, som kan forbedre busfremkommeligheden uden at forringe den øvrige trafikafvikling. Ved at anvende en mere aktiv styring, hvor busserne i højere grad skubbes frem i trafikken, men samtidig åbnes mulighed for løbende at afbryde prioriteringen, hvis bussen ikke udnytter den tildelte tid effektivt.

I det undersøgte casekryds på Hobrovej blev der identificeret betydelige trængselsproblemer allerede under de nuværende forhold. Det anbefales at udvide krydset, da kapaciteten i dag er opbrugt, og der forekommer tilbagestuvning af trafik i flere retninger, helt hen til nærliggende kryds.

11 | Perspektivering

11.1 Indsatser for busfremkommelighed

Litteraturstudiet viser, at en systematisk kortlægning af fremkommelighedsudfordringer er afgørende for at kunne forbedre den kollektive trafik. Et konkret eksempel findes i Olsen et al. (2017), hvor Movia i samarbejde med Via Trafik gennemførte en omfattende screening af det strategiske busnet. Screeningen identificerede lokaliteter med potentiale for forbedret busfremkommelighed baseret på rejsetidsdata, videoregistrering og faglige vurderinger. Resultatet blev et projektkatalog med over 80 konkrete tiltag, som kommuner og regioner kunne arbejde videre med.

Kataloget vil ikke kun kunne fungerere som et teknisk beslutningsgrundlag, men også som et politisk værktøj til at fremme investeringer i kollektiv trafik. Det kan derfor være et mål, at der laves en national strategi for hvordan der skal udpeges strækninger med fremkommelighedsudfordringer, for fremkommeligheden er vigtigt for at øge attraktiviteten af kollektiv transport (Thomsen et al., 2024). En sådan strategi vil desuden kunne understøtte realiseringen af fremtidige projekter, næste gang der udmøntes statslige puljemidler til busfremkommelighed – som det senest var tilfældet i 2022-2023 (Statens Tilskudspuljer, 2023).

11.2 Smartere styringsenhed

De signalprogrammer, der anvendes i dette projekts simuleringer, er baseret på traditionelle styringsprincipper, som er udbredte i dagens danske signalanlæg. Det betyder, at der hvert sekund tages en beslutning om, hvorvidt signalet skal blive i den aktuelle fase eller skifte, baseret på en prædefineret logik. Dette giver en simpel og forudsigelig afvikling, men også begrænsede muligheder for at reagere dynamisk på varierende trafikmængder.

Men potentialet for at anvende mere avancerede signalstrategier er stort. I et forskningsprojekt udført på en strækning af Hobrovej i Aalborg har Eriksen et al. (2020) vist, hvordan signalstyring baseret på machine learning og realtidsdata kan reducere trafikforsinkelser markant. Projektet anvendte værktøjet *Uppaal Stratego* til at optimere signalerne hvert sekund ud fra realtidsdata om bilernes ankomsttid (ETA) fra radarer. Resultaterne viste en reduktion i gennemsnitlige forsinkelser på op til 54 %, og en markant nedgang i både kølængde, stop og brændstofforbrug – alt sammen uden at forringe forholdene for sidevejene.

Dette rejser spørgsmålet om, hvorvidt signalprogrammer i fremtiden bør baseres på dynamiske og data-drevne strategier frem for faste signalplaner. Erfaringerne fra forskningsprojektet er allerede fem år gamle, og den teknologiske udvikling inden for kunstig intelligens siden da har været markant, hvilket indikerer, at gevinsterne ved lignende systemer i dag potentielt vil være endnu større.

Litteratur

Aalborg Kommune, **2020**. Aalborg Kommune. *Kollektiv trafikpolitik*, 2020.

COWI et al., **2022**. COWI, Arkitema & Urban Creators. *Plusbus 2 - Sammenfatningsrapport*, 2022. URL `https://apps.aalborgkommune.dk/aakReferater/Pdf.aspx?pdfnavn=26122685-31573015-1.pdf&type=bilag&pdfid=165434`. Besøgt 20-2-2025.

Danmarks Statistik, **2025**. Danmarks Statistik. *Hjemmeside*, 2025. URL `https://www.dst.dk/`. Besøgt 3-3-2025.

Eriksen et al., **2020**. Andreas Berre Eriksen, Harry Lahrmann, Kim Guldstrand Larsen & Jakob Haahr Taankvist. *Controlling Signalized Intersections using Machine Learning*. Transportation Research Procedia, 48, 987–997, 2020. ISSN 2352-1465. doi: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.127. URL `https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520305445`. Recent Advances and Emerging Issues in Transport Research – An Editorial Note for the Selected Proceedings of WCTR 2019 Mumbai.

Find, **2022**. Jakob Bülow Find. *Operativ anvendelse af trafikdata i København*. Trafik & Veje, 2022. URL `https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=9925`. Besøgt 6-5-2025.

Forbrugerrådet Tænk, **2023a**. Forbrugerrådet Tænk. *Busfremkommelighed og trængsel*, 2023a. URL `https://www.trafikselskaberne.dk/wp-content/uploads/2024/04/Rapport_Busfremkommelighed_og_traengsel.pdf`. Besøgt 13-1-2025.

Forbrugerrådet Tænk, **2023b**. Forbrugerrådet Tænk. *Danskerne og kollektiv transport 2023*, 2023b. URL `https://passagerpulsen.taenk.dk/system/files/2023-11/Danskerne_og_kollektiv_transport_2023.pdf`. Besøgt 13-1-2025.

Halskov & Rasmussen, **2024**. Asbjørn Halskov & Esben Drachmann Rasmussen. *Grønt lys til busserne: GPS-baseret busprioritering i Aarhus*. Trafik & Veje, 2024. URL `https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=13090`. Besøgt 6-5-2025.

Hao et al., **2016**. Yanxi Hao, Jing Teng, Yinsong Wang & Xiaoguang Yang. *Increasing capacity of intersections with transit priority*. Promet - Traffic and Transportation, 28(6), 627 – 637, 2016. doi: 10.7307/ptt.v28i6.1999. URL `https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85007499902&doi=10.7307%2fptt.v28i6.1999&partnerID=40&md5=0c8ac58055d17b9975578fcece383243`. Besøgt 6-5-2025.

Hjorth & Meyer, **2021**. Thomas Pelle Hjorth & Ole Meyer. *Bus til tiden er god forretning*. Trafik & Veje, 2021. URL `https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=9795`. Besøgt 6-5-2025.

Holland & Jensen, **2016**. Christopher Holland & Morten Jensen. *Forbedret busfremkommelighed i Aalborg*. Trafik & Veje, 2016. URL https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=8491. Besøgt 6-5-2025.

Holland & Nissen, **2015**. Christopher Holland & Dan Nissen. *Kortlægning af fremkommelighedsproblemer for busser i Aalborg*, COWI, 2015.

Islam et al., **2016**. Md. Tazul Islam, Jatinder Tiwana, Arun Bhowmick & Tony Z. Qiu. *Design of LRT signal priority to improve arterial traffic mobility*. Journal of Transportation Engineering, 142(9), 2016. doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000831. URL https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84982245250&doi=10.1061%2f%28ASCE%29TE.1943-5436.0000831&partnerID=40&md5=73eb9218e6f3bb7898711a74c276e29e. Besøgt 6-5-2025.

Jakobsen et al., **2016**. Mette E. Jakobsen, Jeppe Gaard & Ida Hvid. *Ny effektundersøgelse af busfremkommelighed*. Trafik & Veje, 2016. URL https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=8548. Besøgt 6-5-2025.

Jørgensen & Randleff, **2023**. Kenneth Jørgensen & Lars Rosenberg Randleff. *Bedre fremkommelighed for busserne i København med intelligent prioritering*. Trafik & Veje, 2023. URL https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=10199. Besøgt 6-5-2025.

Nordjyllands Trafikselskab, **2022**. Nordjyllands Trafikselskab. *Analyse af fremkommelighed*, 2022.

Olsen et al., **2017**. Troels Vorre Olsen, Anders Dalum Balskilde Nielsen & Simon Baadsgaard. *Effektivisering af det strategiske busnet 2019*. Trafik & Veje, 2017. URL https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=8761. Besøgt 6-5-2025.

Schultz, **2017**. Ditte Schultz. *Prioriter den kollektive trafik med en ny webbaseret løsning!* Trafik & Veje, 2017. URL https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=8752. Besøgt 6-5-2025.

Schultz, **2019**. Jesper Schultz. *Status og fremtidsperspektiv for Plusbus i Aalborg*. Trafik & Veje, 2019. URL https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=9389. Besøgt 6-5-2025.

Sharma, **2015**. Anil Sharma. *Aktiv signalprioritering får busserne hurtigere frem*. Trafik & Veje, 2015. URL https://elbo.doweb.dk/doc/trafikogveje?artikelId=8197. Besøgt 6-5-2025.

Statens Tilskudspuljer, **2023**. Statens Tilskudspuljer. *Pulje til bedre busfremkommelighed i hele landet*, 2023. URL https://www.statens-tilskudspuljer.dk/transportministeriet/trafikstyrelsen/24. Besøgt 20-2-2025.

Thomsen et al., **2024**. Helga Theil Thomsen, Alexander Høst Frederiksen, Carsten Hyldborg Jensen, Ditte Bendix Lanng, Eskil Thuesen, Liselotte Lyngsø, Maria Wass-Danielsen,

Mogens Fosgerau & Nicolai Bernt Sørensen. *Ekspertudvalg om kollektiv mobilitet i hele Danmark*. Transportministeriet, 2024. ISBN 978-87-93292-78-9. URL https://www.transportministeriet.dk/media/np2hxlpj/afrapportering-af-fase-13-a.pdf.

Trafikstyrelsen, **2022**. Trafikstyrelsen. *Busgade på Østerbro i Aalborg*, 2022.

Transportministeriet, **2023**. Transportministeriet. *Puljemidler til busfremkommelighed fordeles*, 2023. URL https://www.transportministeriet.dk/nyheder/2023/puljemidler-til-busfremkommelighed-fordeles. Besøgt 20-2-2025.

Vejdirektoratet, **2015**. Vejdirektoratet. *Prioritering af køretøjer i signalanlæg*, 2015. URL https://vejregler.dk/h/7e0fba84-06dd-483b-898a-c7b3e3affaa1/6aefb1a8c81a4d3dbfc2bb00b429f571. Besøgt 20-2-2025.

Vejdirektoratet, **2019**. Vejdirektoratet. *Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller*, 2019. URL https://vejregler.dk/h/7e0fba84-06dd-483b-898a-c7b3e3affaa1/5d1e1b0b0c4d46d7becc1e8b6e93324c. Besøgt 21-2-2025.

Vejdirektoratet, **2025**. Vejdirektoratet. *3. Limfjordsforbindelse*, 2025. URL https://www.vejdirektoratet.dk/projekt/3-limfjordsforbindelse. Besøgt 18-3-2025.

Øhlenschlæger et al., **2010**. Jan Øhlenschlæger, Finn Madsen, Niels Thorup Andersen, Ole Schleemann, Ole W. Jensen, Christopher Holland & Kresten Madsen. *Forbedret busfremkommelighed i Aalborg - projektkatalog*. Aalborg Kommune, 2010.

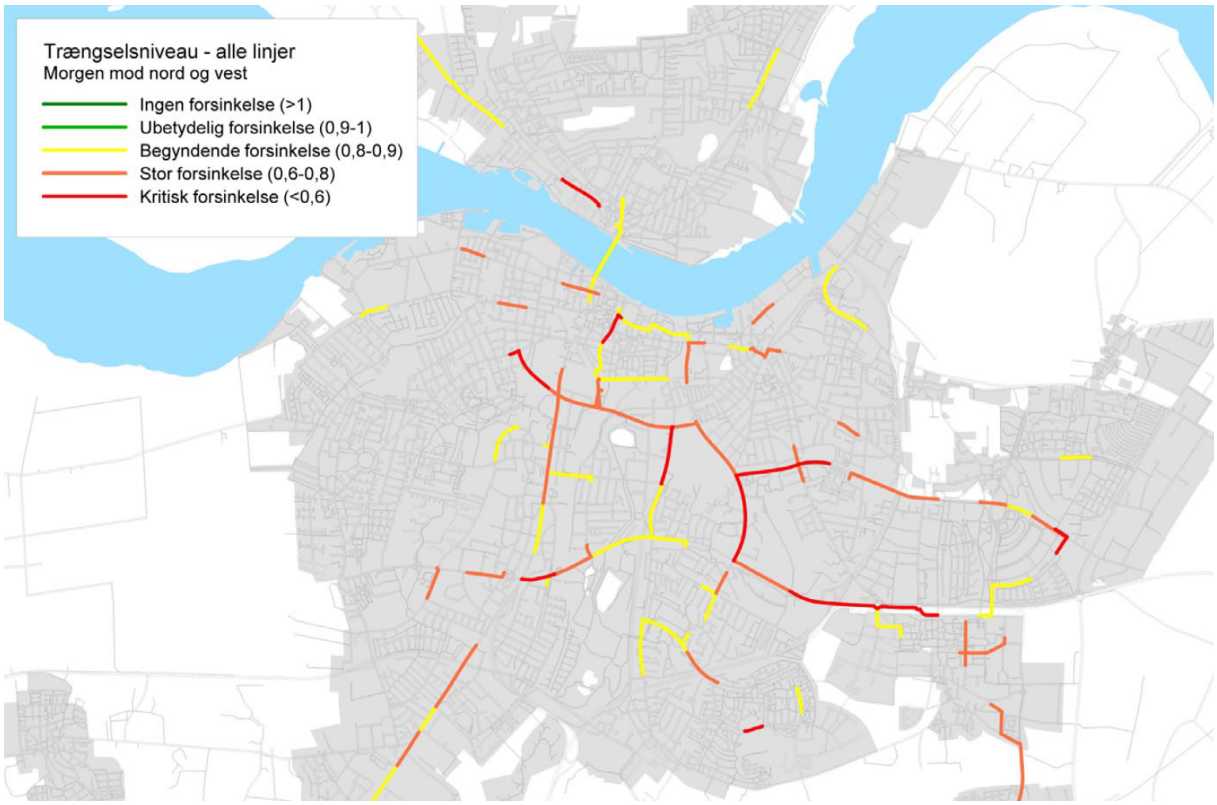
Del V

Bilag

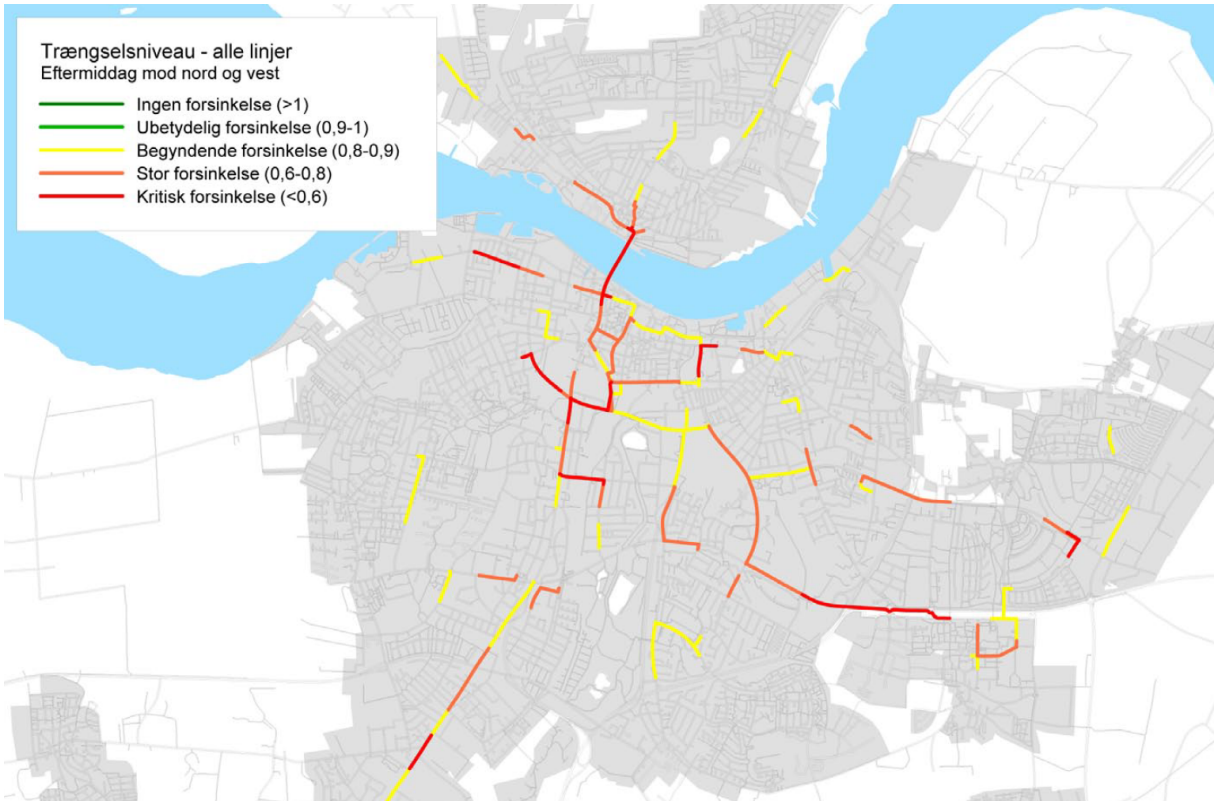
A | Kort fra tidligere kortlægninger

Bilaget indeholder en samling af de kort som kommer fra tidligere trængselsanalyser for busserne. Der er medtaget kort fra Øhlenschlæger et al. (2010) og Holland & Nissen (2015).

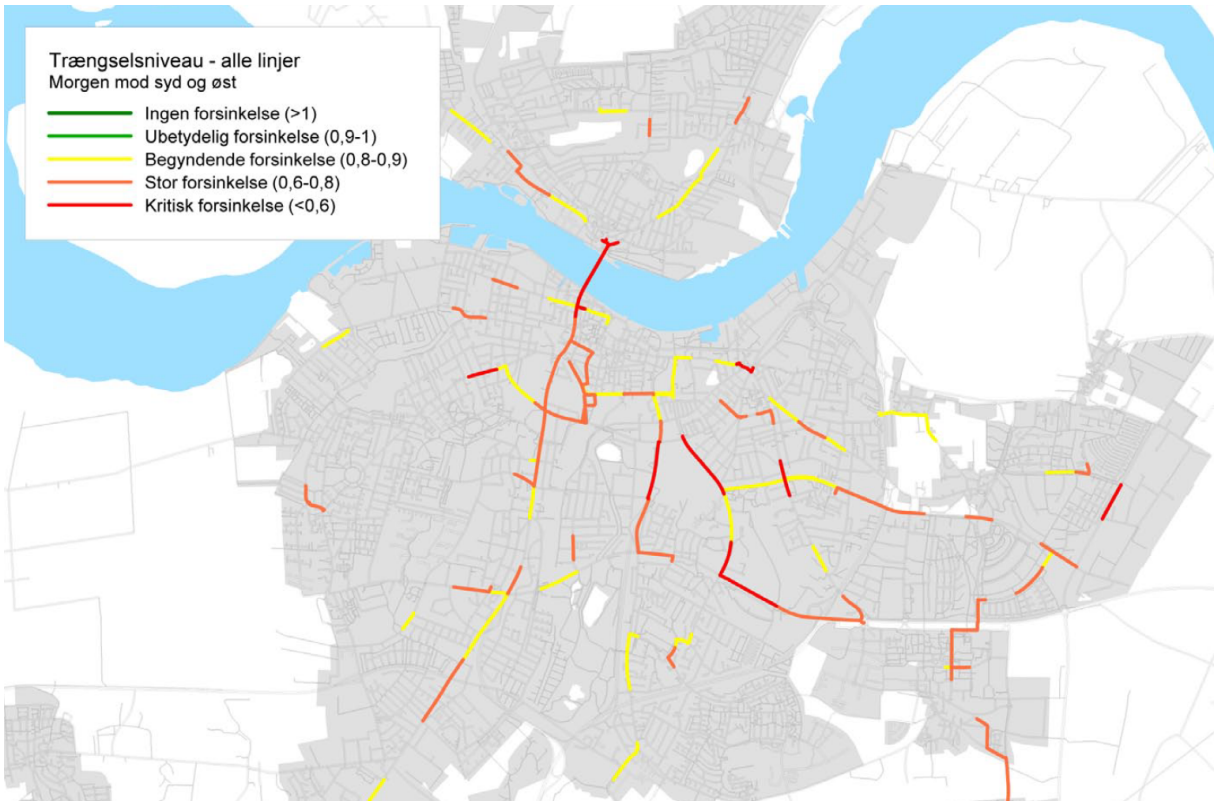
Analysen lavet i 2022 af NT, blev der blot præsenteret en række strækninger hvor der er udfordringer. Hvorefter de er gennemgået med en hypotese til hvad som var årsagen, og et forslag til en mulig løsning. (Nordjyllands Trafikselskab, 2022)



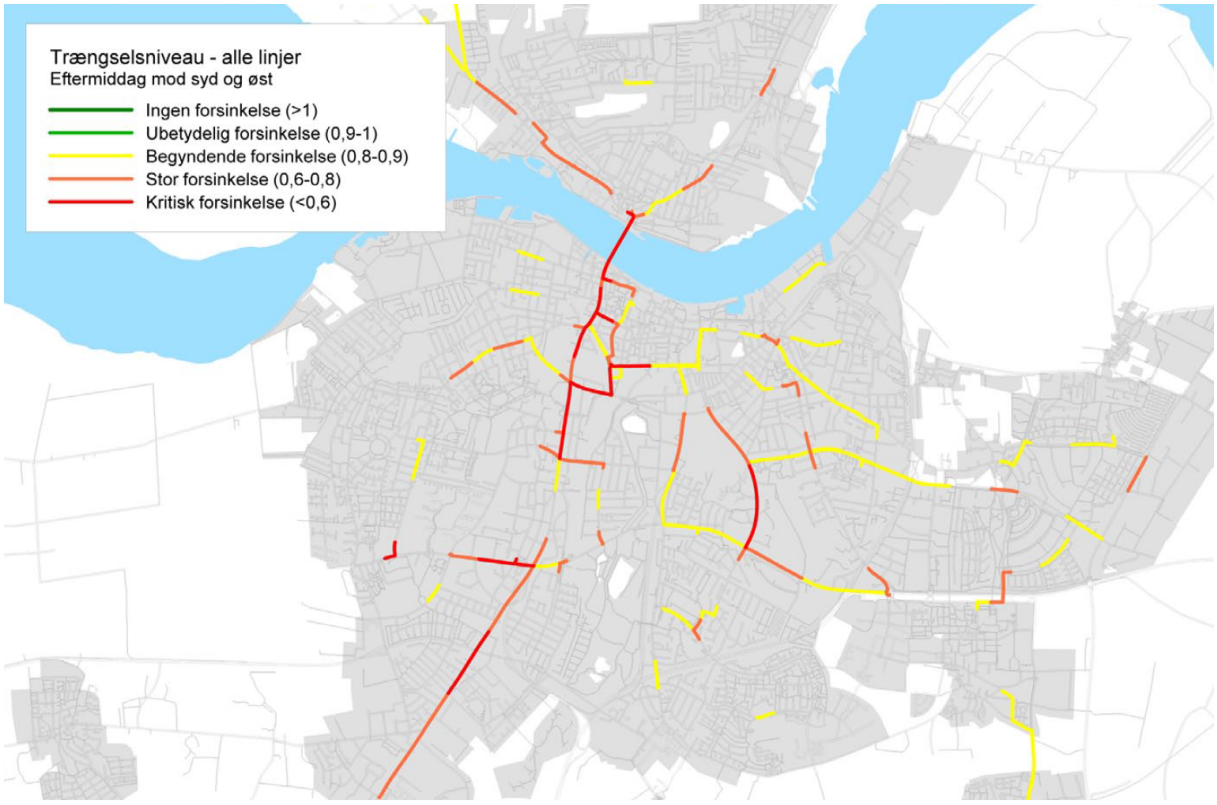
Figur A.1. Problemstrækninger (Øhlenschlæger et al., 2010)



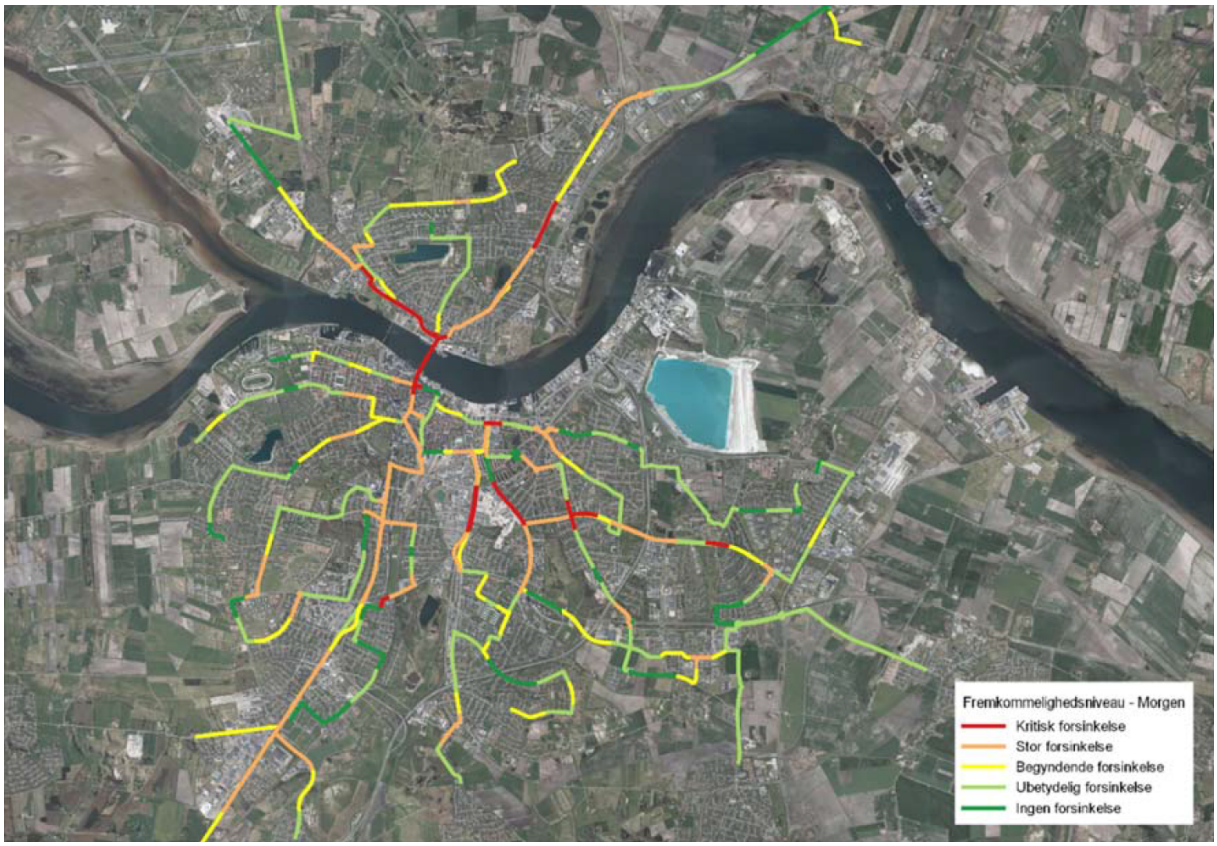
Figur A.2. Problemstrækninger (Øhlenschlæger et al., 2010)



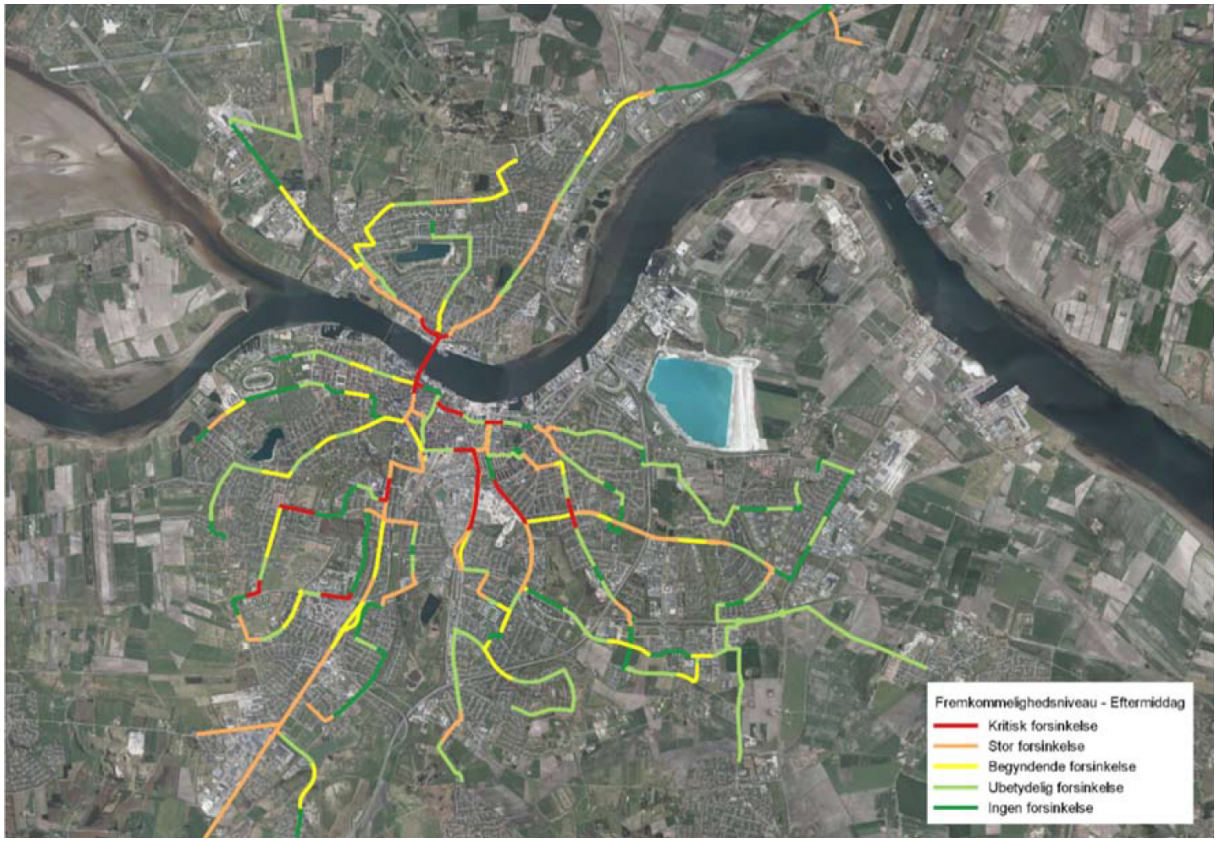
Figur A.3. Problemstrækninger (Øhlenschlæger et al., 2010)



Figur A.4. Problemstrækninger (Øhlenschlæger et al., 2010)



Figur A.5. Problemstrækninger (Holland & Nissen, 2015)



Figur A.6. Problemstrækninger (Holland & Nissen, 2015)

B | Python - Kortlægning

Bilaget indeholder de pythonscripts som sortere og plotter det data udleveret fra NT. Det er primært skrevet i Visual Studio Code, men det sidste er skrevet i QGIS.

B.1 Import af data

Data fra NT blev leveret som en CSV-fil. I programmet downloades filen, og kolonnerne konverteres til enten datetime eller heltal, hvorefter den eksporteres som en .feather-fil. Dette filformat beholder også klacifiseringen til senere.

```
1  import pandas as pd
2
3  data = pd.read_csv('BusData.csv', sep=';')
4
5  datetime_columns = [0, 5, 6, 7, 8]
6  for col in datetime_columns:
7      data.iloc[:, col] = pd.to_datetime(data.iloc[:, col], format='%d-%m-%Y %H:%M:%S',
           errors='coerce')
8
9  int_columns = [1, 3]
10 for col in int_columns:
11     data.iloc[:, col] = data.iloc[:, col].astype(int)
12
13 data.to_feather('BusData.feather')
```

B.2 Turbygger

I programmet bliver rejsetiden imellem alle stop regnet ud. Det bliver tilføjet til den sekvens turen har været ved, og hvad tid på dagen turen foregik.

```
1  import pandas as pd
2  import datetime
3
4  data = pd.read_feather('BusData.feather')
5  Sekvenser = pd.DataFrame(columns=['Fra', 'Til', 'Morgen', 'Eftermiddag', 'Aften'])
6  BusNrListe = ['Bybus 1', 'Bybus 2', 'Bybus 11', 'Bybus 12', 'Bybus 13', 'Bybus 14', 'Bybus 15',
       'Bybus 16', 'Bybus 17', 'Bybus 18']
7
8  data = data[(data['realArrivalTime_realTime'].dt.time.between(datetime.time(7,20),
       datetime.time(8, 40))) |
9              (data['realArrivalTime_realTime'].dt.time.between(datetime.time(15, 20),
                   datetime.time(16, 40))) |
10             (data['realArrivalTime_realTime'].dt.time.between(datetime.time(21, 50),
                   datetime.time(23, 10)))]
11
```

```
12 dagliste = sorted([date for date in data['operatingDay'].unique() if pd.Timestamp(date).week
       not in [42, 52, 1]])
13
14 for dag in dagliste:
15     TurID_liste = data[data['operatingDay'] == dag]['JourneyId'].unique()
16     for TurID in TurID_liste:
17         rute = data[(data['operatingDay'] == dag) & (data['JourneyId'] ==
               TurID)].sort_values(by='scheduleDepartureTime_scheduleTime')
18         for route_index in range(1, len(rute)):
19             if pd.notna(rute.iloc[route_index]['realArrivalTime_realTime']) and
                   pd.notna(rute.iloc[route_index-1]['realDepartureTime_realTime']):
20                 arrival_time = rute.iloc[route_index]['realArrivalTime_realTime'].time()
21                 rejsetid = rute.iloc[route_index]['realArrivalTime_realTime'] -
                       rute.iloc[route_index-1]['realDepartureTime_realTime']
22                 if not pd.notna(rejsetid) or rejsetid <= datetime.timedelta(0):
23                     continue
24                 else:
25                     rejsetid = int(rejsetid.total_seconds())
26                 if datetime.time(7, 30) <= arrival_time <= datetime.time(8, 30):
27                     time_of_day = 'Morgen'
28                 elif datetime.time(15, 30) <= arrival_time <= datetime.time(16, 30):
29                     time_of_day = 'Eftermiddag'
30                 elif datetime.time(22, 0) <= arrival_time <= datetime.time(23, 0):
31                     time_of_day = 'Aften'
32                 else:
33                     continue
34
35                 fra_station = rute.iloc[route_index-1]['station_stationExternalNumber']
36                 til_station = rute.iloc[route_index]['station_stationExternalNumber']
37
38                 if 'Navn mangler' in [fra_station, til_station]:
39                     continue
40
41                 if Sekvenser[(Sekvenser['Fra'] == fra_station) & (Sekvenser['Til'] ==
                       til_station)].empty:
42                     if not rute['lineName'].isin(BusNrListe).any():
43                         continue
44                     Sekvenser = pd.concat([Sekvenser, pd.DataFrame([{'Fra': fra_station, 'Til':
                           til_station, 'Morgen': [], 'Eftermiddag': [], 'Aften': []}])],
                           ignore_index=True)
45
46                 Sekvenser.loc[(Sekvenser['Fra'] == fra_station) & (Sekvenser['Til'] ==
                       til_station), time_of_day].values[0].append(rejsetid)
47
48 Sekvenser.to_feather('Sekevenser_TurBygger.feather')
```

B.3 Regnet rejsetider

De rejsetider som før var fundet og lagt på en liste, bliver nu regnet gennemsnit på. Hvis der er under 30 forekomster enten morgen, eftermiddag eller aften, så bliver sekvensen fjernet.

```
1 import pandas as pd
```

```
2
3  data = pd.read_feather('BusData.feather')
4  Sekvenser = pd.read_feather('Sekevenser_TurBygger.feather')
5  ny_sekvens = pd.DataFrame(columns=['FraStation', 'TilStation', 'Rejsetid - Morgen', 'Rejsetid -
       Eftermiddag', 'Rejsetid - Aften','Fremkommelighedsniveau - Morgen', 'Fremkommelighedsniveau
       - Eftermiddag', 'MindsteLængde'])
6  stopliste = data['station_stationExternalNumber'].unique()
7  stop_atributes = pd.read_excel('Attributes_for_stop.xlsx')
8  grænse = 30
9
10 def find_rejsetid(rejse_liste):
11     rejse_liste = sorted(rejse_liste)
12     Længde = len(rejse_liste)
13     rejse_liste = rejse_liste[int(Længde*0.05):int(Længde*0.95)]
14     gennemsnit = sum(rejse_liste) / len(rejse_liste)
15     return gennemsnit
16
17 for Fra, Til, Morgen, Eftermiddag, Aften in zip(Sekvenser['Fra'], Sekvenser['Til'],
       Sekvenser['Morgen'], Sekvenser['Eftermiddag'], Sekvenser['Aften']):
18     if len(Morgen) < grænse or len(Eftermiddag) < grænse or len(Aften) < grænse:
19         continue
20     Morgen_Rejsetid = find_rejsetid(Morgen)
21     Eftermiddag_Rejsetid = find_rejsetid(Eftermiddag)
22     Aften_Rejsetid = find_rejsetid(Aften)
23     new_row = pd.DataFrame([{
24         'FraStation': Fra,
25         'TilStation': Til,
26         'Rejsetid - Morgen': round(Morgen_Rejsetid, 3),
27         'Rejsetid - Eftermiddag': round(Eftermiddag_Rejsetid, 3),
28         'Rejsetid - Aften': round(Aften_Rejsetid, 3),
29         'Fremkommelighedsniveau - Morgen': round(Aften_Rejsetid / Morgen_Rejsetid, 3),
30         'Fremkommelighedsniveau - Eftermiddag': round(Aften_Rejsetid / Eftermiddag_Rejsetid, 3),
31         'MindsteLængde': min(len(Morgen), len(Eftermiddag), len(Aften))
32     }])
33     if not new_row.dropna(how='all').empty:
34         ny_sekvens = pd.concat([ny_sekvens, new_row], ignore_index=True)
35
36 ny_sekvens.to_feather('Sekvenserne_Med_Fremkommelighedsniveau.feather')
```

B.4 Til plot

For i QGIS at plotte turene, så skal hver tid opdeles, samt busstop have et koordinat.

```
1  import pandas as pd
2  from shapely import wkt
3  import math
4
5  sekvens = pd.read_feather('Sekvenserne_Med_Fremkommelighedsniveau.feather')
6  stop_atributes = pd.read_excel('Attributes_for_stop.xlsx')
7
8  def koordinater(station1, station2):
```

```
    station1_geom = wkt.loads(stop_atributes.loc[stop_atributes['stoppointid'] == station1,
        'wkt_geom'].values[0])
    station2_geom = wkt.loads(stop_atributes.loc[stop_atributes['stoppointid'] == station2,
        'wkt_geom'].values[0])

    direction = (station2_geom.x - station1_geom.x, station2_geom.y - station1_geom.y)
    angle = (math.degrees(math.atan2(direction[1], direction[0])) + 360) % 360

    retning = 'Syd/Øst' if 45 < angle < 225 else 'Nord/Vest'
    return retning, station1_geom.x, station1_geom.y, station2_geom.x, station2_geom.y

sekvens[['Retning', 'FraStation_X', 'FraStation_Y', 'TilStation_X', 'TilStation_Y']] =
    sekvens.apply(
    lambda row: pd.Series(koordinater(row['FraStation'], row['TilStation'])), axis=1)

sekvens['Fremkommelighedsniveau - Gennemsnit'] = sekvens[['Fremkommelighedsniveau - Morgen',
    'Fremkommelighedsniveau - Eftermiddag']].mean(axis=1)
sekvens = sekvens.sort_values(by='Fremkommelighedsniveau - Gennemsnit')

(sekvens[sekvens['Retning'] == 'Syd/Øst']).to_csv('TilPlot/Datasæt_Syd_Øst.csv', index=False,
    header=False, sep=',')
(sekvens[sekvens['Retning'] == 'Nord/Vest']).to_csv('TilPlot/Datasæt_Nord_Vest.csv',
    index=False, header=False, sep=',')
```

B.5 Fremkommelighedstabel

For at finde de strækninger, hvor fremkommeligheden er værst, laver programmet et excel, hvor dette er muligt at finde. Dette er brugt til tabel 2.2 på side 9.

```
import pandas as pd

data = pd.read_feather('BusData.feather')
sekvens_data = pd.read_feather('Sekvenserne_Med_Fremkommelighedsniveau.feather')
station_names = data[['station_stationExternalNumber', 'station_stationName']].drop_duplicates()

df = pd.DataFrame(columns=['Fra', 'Til','Fremkommelighedsniveau - Gennemsnit',
    'Fremkommelighedsniveau - Morgen', 'Fremkommelighedsniveau - Eftermiddag'])

for Fra, Til, FremMorgen, FremEftermiddag, MindsteLængde in zip(sekvens_data['FraStation'],
    sekvens_data['TilStation'], sekvens_data['Fremkommelighedsniveau - Morgen'],
    sekvens_data['Fremkommelighedsniveau - Eftermiddag'], sekvens_data['MindsteLængde']):
    if FremMorgen < 0.6 or FremEftermiddag < 0.6:
        new_row = {
            'Fra': station_names.loc[station_names['station_stationExternalNumber'] == Fra,
                'station_stationName'].values[0],
            'Til': station_names.loc[station_names['station_stationExternalNumber'] == Til,
                'station_stationName'].values[0],
            'Fremkommelighedsniveau - Gennemsnit': (FremMorgen + FremEftermiddag) / 2,
            'Fremkommelighedsniveau - Morgen': FremMorgen,
            'Fremkommelighedsniveau - Eftermiddag': FremEftermiddag,
            'MindsteLængde': MindsteLængde
        }
```

```
19          df = pd.concat([df, pd.DataFrame([new_row])], ignore_index=True)
20
21  df.to_excel('Fremkommelighedsniveau.xlsx', index=False, header=True)
```

B.6 PyGIS

Det her er et pythonscript i QGIS. Det importer NT's bybusnet, samt de punkter og attributter som var fundet i tidligere scripts. Mellem hvert punkt bliver så tegnet en linje, som følger bybusnettet og tildelt attributter.

```
1   import csv
2   from qgis.core import QgsProject, edit, QgsField, QgsCoordinateReferenceSystem
3   from PyQt5.QtCore import QVariant
4   import processing
5
6   def read_csv(file_path):
7       data = []
8       with open(file_path, newline='', encoding='utf-8') as csvfile:
9           csvreader = csv.reader(csvfile)
10          for row in csvreader:
11              data.append(row)
12      return data
13
14  Nord_Vest = read_csv("TilPlot\\Datasæt_Nord_Vest.csv")
15  Syd_Øst = read_csv("TilPlot\\Datasæt_Syd_Øst.csv")
16
17  vejgrundlag = "WFS:// pagingEnabled='true' preferCoordinatesForWfsT11='false'
        restrictToRequestBBOX='1' srsname='EPSG:4326' typename='nt:ntwfs.mvw_ntrutenet_k24'
        url='https://nt.admin.gc2.io/ows/nt/ntwfs/' version='auto'"
18
19  veje = processing.run("native:savefeatures", {
20      'INPUT': vejgrundlag,
21      'OUTPUT': 'TEMPORARY_OUTPUT',
22      'LAYER_NAME': 'Vejgrundlag',
23      'DATASOURCE_OPTIONS': '',
24      'LAYER_OPTIONS': '',
25      'ACTION_ON_EXISTING_FILE': 0
26  })
27  vejgrundlag_layer = QgsVectorLayer(veje['OUTPUT'], "Vejgrundlag", "ogr")
28
29  filter_condition = '"rkpublicname" IN (1,2,11,12,13,14,15,16,17,18) and "forloeb" =
        \'hovedforløb\''
30  vejgrundlag_layer.setSubsetString(filter_condition)
31
32  QgsProject.instance().addMapLayer(vejgrundlag_layer)
33
34  def lav_lag(datasæt, lagnavn):
35      for row in datasæt:
36          start_coord = f"{row[9]},{row[10]} [EPSG:4326]"
37          end_coord = f"{row[11]},{row[12]} [EPSG:4326]"
38
39          try:
```

```
40            resultater = processing.run("native:shortestpathpointtopoint", {
41            'DEFAULT_DIRECTION': 2,
42            'DEFAULT_SPEED': 60,
43            'DIRECTION_FIELD': None,
44            'END_POINT': end_coord,
45            'INPUT': vejgrundlag_layer,
46            'OUTPUT': 'TEMPORARY_OUTPUT',
47            'SPEED_FIELD': None,
48            'START_POINT': start_coord,
49            'STRATEGY': 0,
50            'TOLERANCE': 0,
51            'VALUE_BACKWARD': None,
52            'VALUE_BOTH': None,
53            'VALUE_FORWARD': None
54            })
55        except:
56            print(f"Fejlede fra station {row[0]} til {row[1]}")
57            continue
58        layer = resultater['OUTPUT']
59        layer.setName(lagnavn)
60        QgsProject.instance().addMapLayer(layer)
61
62        layer_provider = layer.dataProvider()
63        layer_provider.addAttributes([
64            QgsField('Fra', QVariant.Int),
65            QgsField('Til', QVariant.Int),
66            QgsField('RejsetidMorgen', QVariant.Double),
67            QgsField('RejsetidEftermiddag', QVariant.Double),
68            QgsField('RejsetidAftem', QVariant.Double),
69            QgsField('FremMorgen', QVariant.Double),
70            QgsField('FremEftermiddag', QVariant.Double),
71            QgsField('MindsteLængde', QVariant.Int)
72        ])
73        layer.updateFields()
74
75        with edit(layer):
76            for feature in layer.getFeatures():
77                feature['Fra'] = row[0]
78                feature['Til'] = row[1]
79                feature['RejsetidMorgen'] = row[2].replace('.', ',')
80                feature['RejsetidEftermiddag'] = row[3].replace('.', ',')
81                feature['RejsetidAftem'] = row[4].replace('.', ',')
82                feature['FremMorgen'] = row[5].replace('.', ',')
83                feature['FremEftermiddag'] = row[6].replace('.', ',')
84                feature['MindsteLængde'] = row[7]
85                layer.updateFeature(feature)
86    memory_paths = []
87    for layer in QgsProject.instance().mapLayers().values():
88        if layer.name() == lagnavn:
89            memory_paths.append(layer.source())
90
91    result = processing.run("native:mergevectorlayers", {
92        'LAYERS': memory_paths,
```

```
93          'CRS': QgsCoordinateReferenceSystem('EPSG:25832'),
94          'OUTPUT': 'TEMPORARY_OUTPUT'
95      })
96      combined_layer = result['OUTPUT']
97      combined_layer.setName(f'{lagnavn}_Samlet')
98      QgsProject.instance().addMapLayer(combined_layer)
99
100     layers_to_remove = [layer.id() for layer in QgsProject.instance().mapLayers().values() if
            layer.name() == lagnavn]
101     QgsProject.instance().removeMapLayers(layers_to_remove)
102
103 lav_lag(Nord_Vest,'Nord_Vest')
104 lav_lag(Syd_Øst,'Syd_Øst')
```

C | Besigtigelsesnotater

På baggrund af kortlægningen i afsnit 2.2 på side 6 er der gennemført besigtigelser ved de fleste lokationer med kritiske forsinkelser. Lokationerne præsenteres i kronologisk rækkefølge, begyndende med den strækning, der har den laveste gennemsnitlige fremkommelighed.

C.1 Hobrovej

Selvom store dele af Hobrovej er præget af høj trafikbelastning, og flere kryds kunne have været relevante, er det valgte kryds udpeget med henblik på den efterfølgende analyse. Besigtigelse af krydset blev gennemført i morgentimerne den 25. og 27. februar 2025. Det valgte kryds er beliggende mellem Hobrovej og Ny Kærvej / Vestre Alle, som vist på figur C.1, sammen med de buslinjer der passerer gennem krydset.

Figur C.1. Buslinjer som kører igennem krydset.

Under besigtigelserne blev der i myldretiden observeret perioder, hvor trafikken på Hobrovej ikke kunne afvikles inden for én grøntidscyklus, hvilket medførte ophobning og ventetid til næste omløb. Tilsvarende blev der registreret betydelig kødannelse på de sekundære tilkørselsarme. Der blev også konstateret fremkommelighedsproblemer for busserne, som i flere tilfælde havde

vanskeligt ved at komme gennem krydset, hvilket er illustreret på figur C.2.

Figur C.2. Flere busser holder for rødt i krydset på Hobrovej.

C.2 Sønderbro

Besigtigelse af strækningen blev foretaget i morgentimerne den 19. marts 2025. Figur C.3 viser den buslinje, der betjener Sønderbro.

Figur C.3. Buslinjer som kører langs Sønderbro.

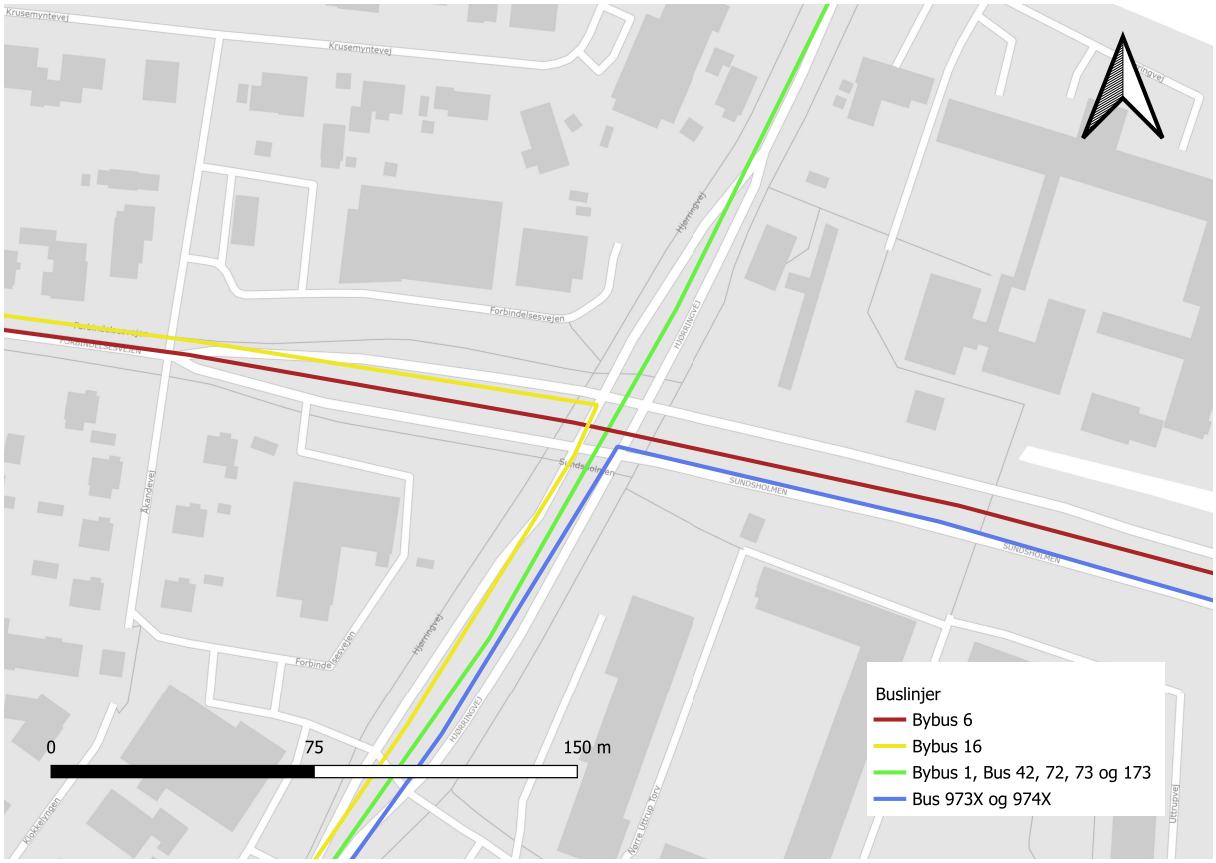
I spidstimen er trafikbelastningen høj, og der opstår betydelige kødannelser i nordgående retning. Figur C.4 viser en typisk trafiksituation med tæt kø på Sønderbro set mod syd.

Figur C.4. Tæt kø på Sønderbro i myldretiden.

Forsinkelserne skyldes, at busserne har svært ved at komme frem i den tætte trafik og ofte må vente flere signalomløb, før de kan passere krydset. Dette medfører betydelige afvigelser fra køreplanen og reducerer den samlede fremkommelighed for den kollektive trafik på strækningen.

C.3 Hjørringvej

Besigtigelse foretaget morgenen den 24. februar 2025. Kortet på figur C.5 viser en oversigt over krydset, navngivning af de fire vejgrene, samt de forskellige buslinjer som passerer igennem krydset.



Figur C.5. Oversigtskort over krydset ved Nørre Uttrup Torv.

De busser som har størst udfordring i at komme igennem, er busser som kommer fra Hjørringvej Nord og skal ud af Hjørringvej Syd, heriblandt er buslinje 1.

Fra besigtigelsen var der observeret forskellige udfordringer for uudnyttet kapacitet. Der var tilbagestuning ad både Forbindelsesvejen Vest og Hjørringvej Nord. På Hjørringvej Nord, kunne trafikanter som skulle passere ligeud i krydset, ikke komme frem, da kølængden for svingende trafikanter til venstre var længere end svingbanen, figur C.6 viser et billede af den lange kø, som kom fra Hjørringvej Nord.

Figur C.6. Kø ad Hjørringvej Nord.

For Forbindelsesvejen Vest var der også tilbagestuning, de fleste biler holdte sig i højre vognbane, dette medførte en uudnyttet kapacitet, figur C.7 viser et billede af køen som går hele vejen op ad Forbindelsesvejen.

Figur C.7. Kø op ad Forbindelsesvejen Vest.

Begge tilbagestuninger har det til fælles, at de fleste trafikanter efter krydset ad Sundsholmen Øst svinger på motorvejen i sydlig retning.

Der blev i øvrigt observeret at der i tidsrummet mellem 7:30 og 8:00 var skolepatrulje i krydset, de var fra Nørre Uttrup Skole, som ligger lige ved krydset.

C.4 Østerbro

Besigtigelse foretaget morgenen den 26. februar 2025. Der bliver taget udgangspunkt i krydset mellem Hobrovej og Nykærvej, som er vist på figur C.8, det viser også en navngivning af de forskellige vejgrene, samt de busser som kører gennem. Der er flere kryds som også er vurderet under besigtigelsen, men dette er valgt, da det den var mest mest trafik.

Figur C.8. Oversigtskort over krydset mellem Skibsbyggerivej og Østerbro.

Der var observeret mange biler, som skabte trængsel, som gjorde det vanskeligt for bussen at komme igennem trafikken. Det er også foreslået at lave Østerbro om til en busgade, for at hjælpe på bussernes fremkommelighed. Dette projekt blev dog skrinlagt i sidste øjeblik. (Trafikstyrelsen, 2022)

C.5 Hadsundvej

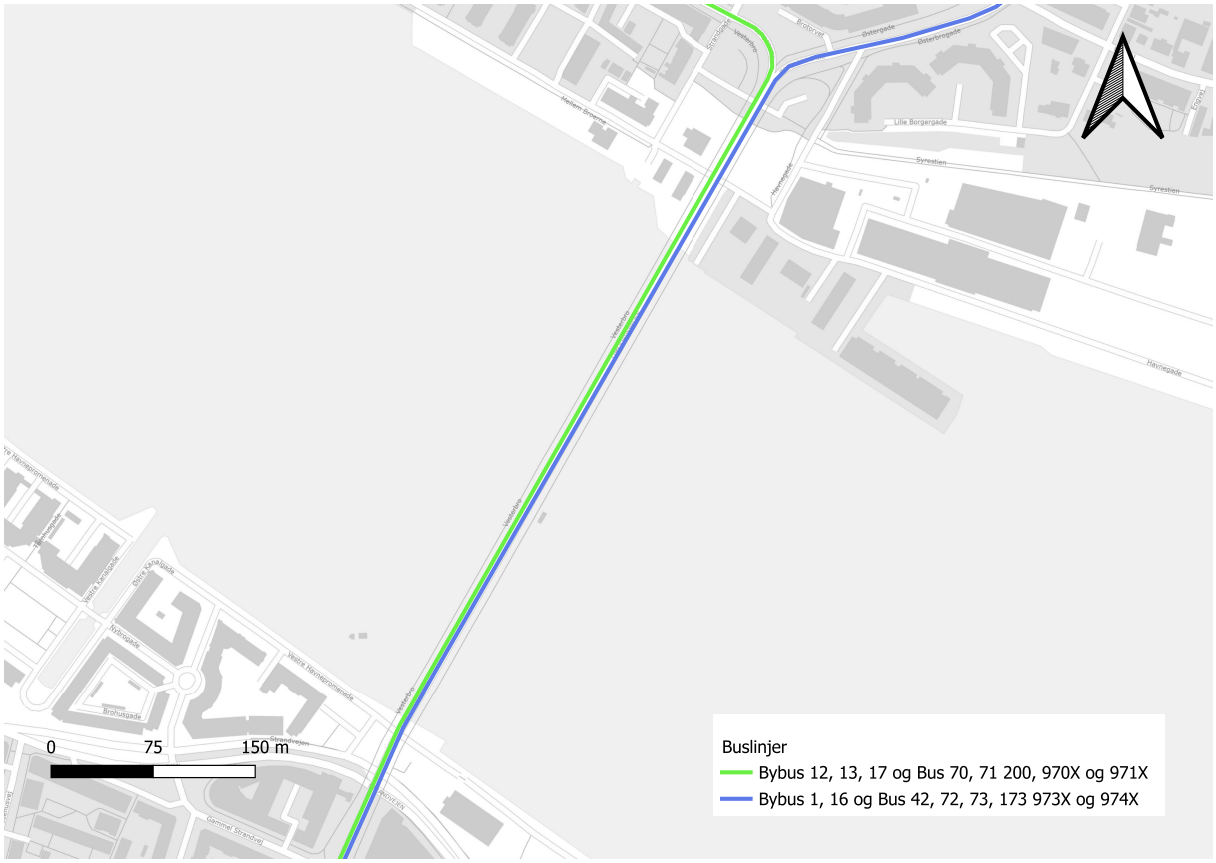
Besigtigelse foretaget morgenen den 4. marts 2025. Kortet på figur C.9 viser en oversigt over de kryds og de buslinjer som kører igennem krydset.

Figur C.9. Oversigtskort over krydset mellem Hadsundvej og Humlebakken.

Der er observeret at flere biler skal svinge fra Hadsundvej og højre op ad Humlebakken i morgenspidstimen, men har svært ved at komme igennem, da det også er mange ligudkørende cyklister.

C.6 Limfjordsbroen og Vesterbro

Besigtigelsen for strækningen er foretaget morgenen den 24. marts 2025. Strækningen har altid været dårlig, og ikke er blevet bedre med tiden. Udfordringerne her stammer fra begge sider, og trafikken stuer op. Det er grundlæggende flere indfaldsveje som sammenflettes i den her flaskehals. I spidstimen kører der i hver retning 15 busser, kombineret bybusser og regionale busser til oplandet. Figur C.10 viser de busser som kører over Limfjordsbroen og ad Vesterbro.



Figur C.10. Buslinjer over Limfjordsbroen.

På besigtigelsen var der også observeret at den dårlige fremkommelighed var forudsaget af de mange trafikanter som skulle igennem, billedet på figur C.11 viser hvordan flere busser krydser Limfjordsbroen samtidig.

Figur C.11. Kø over Limfjordsbroen.

D | Eksisterende signalprogram

Det eksisterende signalprogram er udført af Swarco i 2019. Siden signalprogrammet blev projekteret, er den tilladte hastighed på Hobrovej ændret fra 60 km/t til 50 km/t. Signalprogrammet er udleveret af Aalborg Kommune.

Trafikteknisk beskrivelse

Baggrund

Krydset er beliggende i krydsningen mellem primærvejen Hobrovej og sekundærvejen, Ny Kærvej / Vestre Alle. I nuværende projekt ønskes der radar detektering i B-retningen samt udskiftning af styreapparat (ITC-3).

Styreform

Signalanlægget installeres med styreformen samordning. Anlægget kører således med fast omløbstid, hvor ikke anvendt forlængelse tilfælder hovedretningen i næste omløb.

Program 4 er med skjult synkronisering. Den skjulte synkronisering medfører, at anlægget står med fast grønt i hovedretningen, hvilket kun kan afbrydes af en sideretningsanmeldelse – og kun på et bestemt tidspunkt i omløbet, hvor det passer ind i samordningen med nabokrydset.

Programmer

Der er 4 programmer i signalanlægget, som angivet nedenfor:

- P1: 80"Morgenprogram
- P2: 80"Eftermiddagsprogram
- P3: 60"Dagprogram
- P4: 48"Natprogram

De forskellige programmer fremgår af signalgruppeplanen (tegn.nr. 905.531).

Trafikstyring

I signalanlægget anvendes der både detektering med induktionsspole, fodgængertryk og radar. Spolen anvendes udelukkende til detektering af svingende trafik, mens radardetekteringen er forbeholdt detektering af sideretningstrafik.

Detektorfunktioner er beskrevet i detektorfunktionsskemaet (tegn.nr. 905.535).

Funktioner

Busprioritering for A-Bus: Busanmeldelserne er beskrevet i signalgruppeplanen.

Busprioriteringen er via IMPC-box. Anmelde- og afmeldepunkter er bibeholdt fra tidligere projekt.

Anmeldelser

Der er anmeldelser for B-retningen, fodgængere samt svingende trafik (Av og Bv).

P1, P2, P3:
– bf og bg medanmelder hinanden
P4:
– bf og bg medanmelder hinanden og anmelder B1/B2
– B1 og B2 medanmelder hinanden

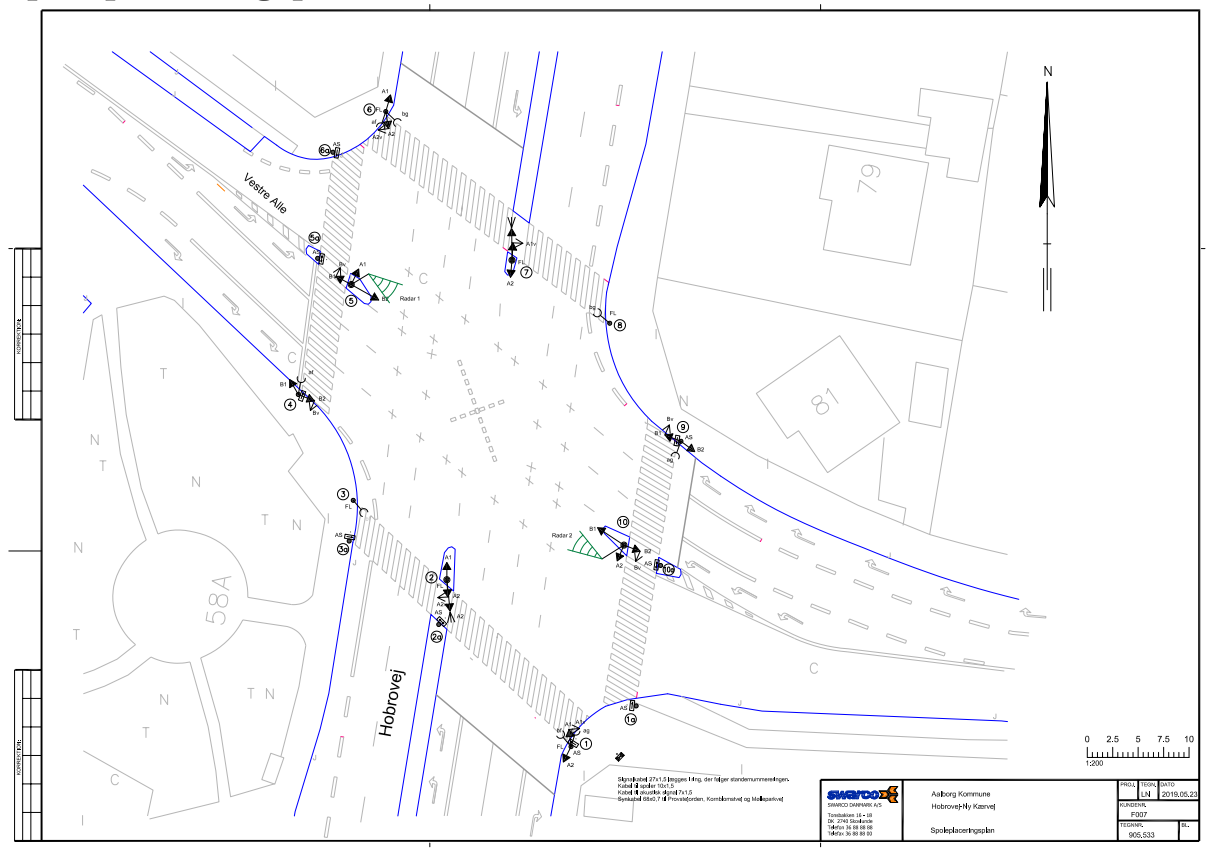
Forlængelse

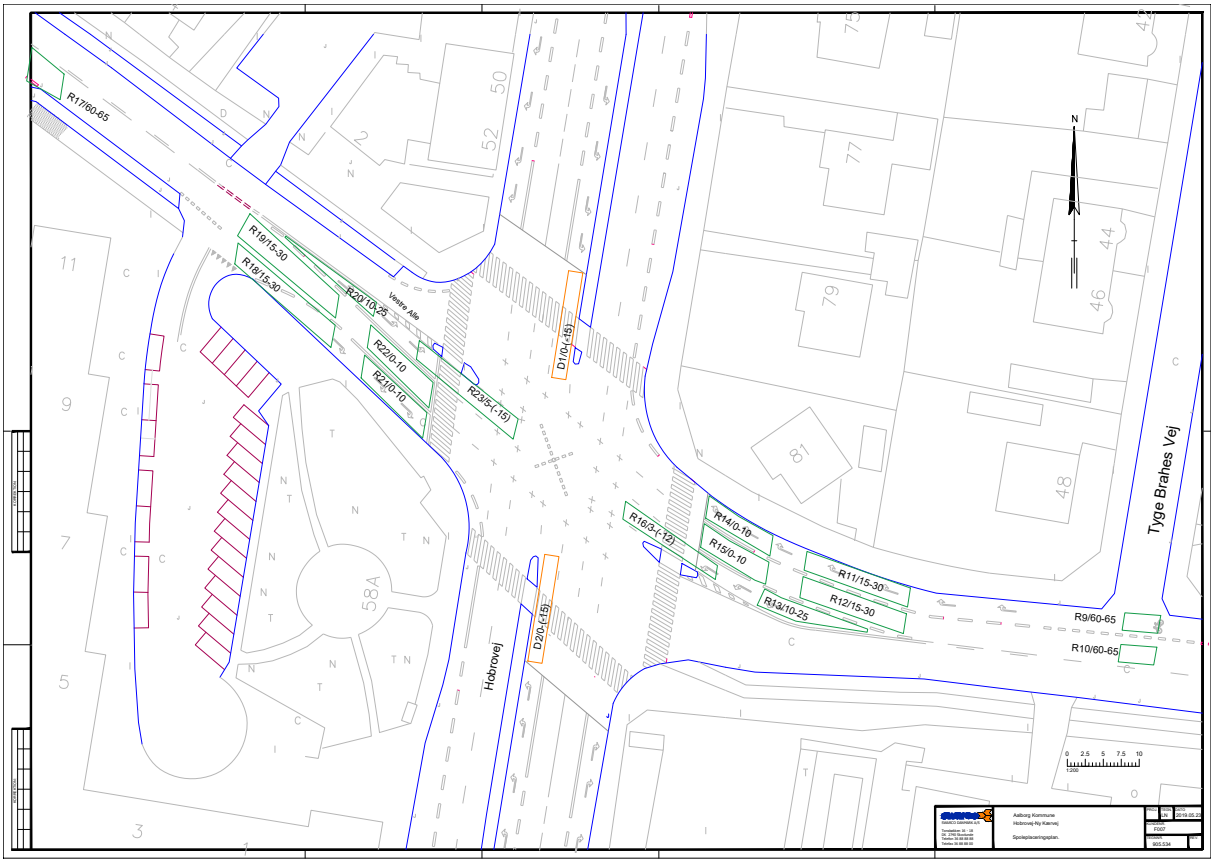
Der er forlængelse i B-retningen. Ikke anvendt forlængelse overføres til A-retningen.

Samordning

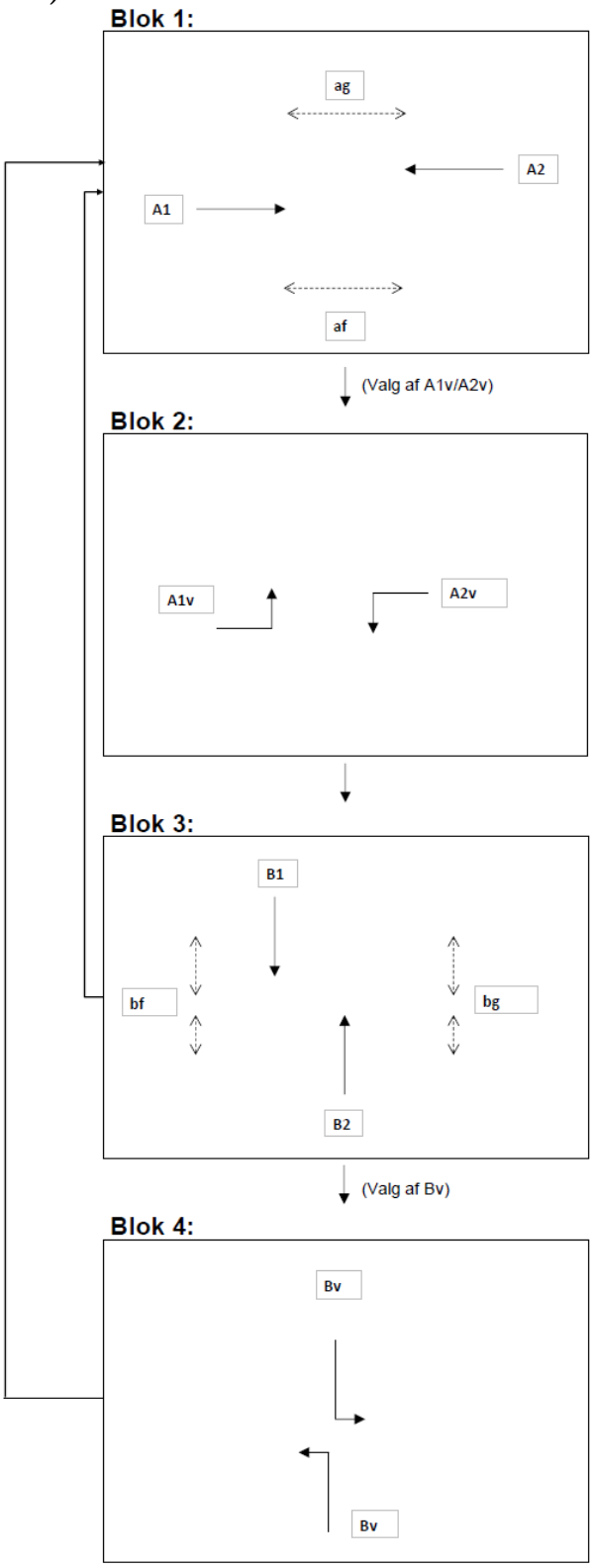
Krydset indgår i samordning med nabokryds på primærvejen Hobrovej.

Spoleplaceringsplan

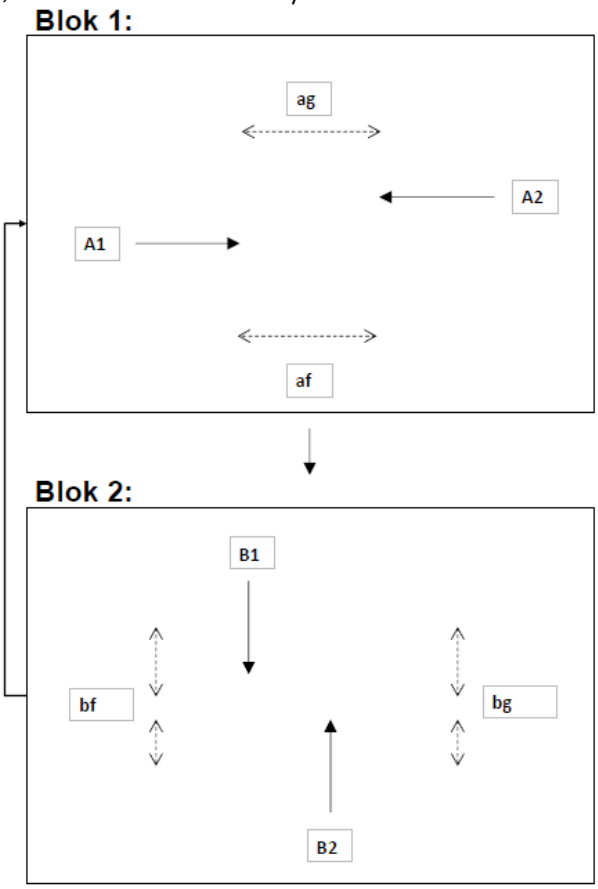




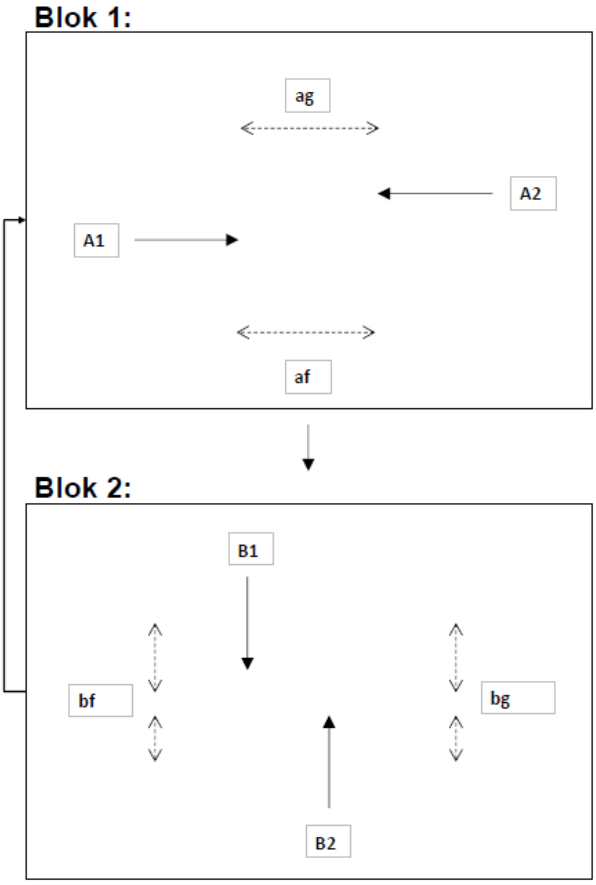
Samordnet (P1-P2)



Samordnet (P3), fast uden A1v/A2v & Bv

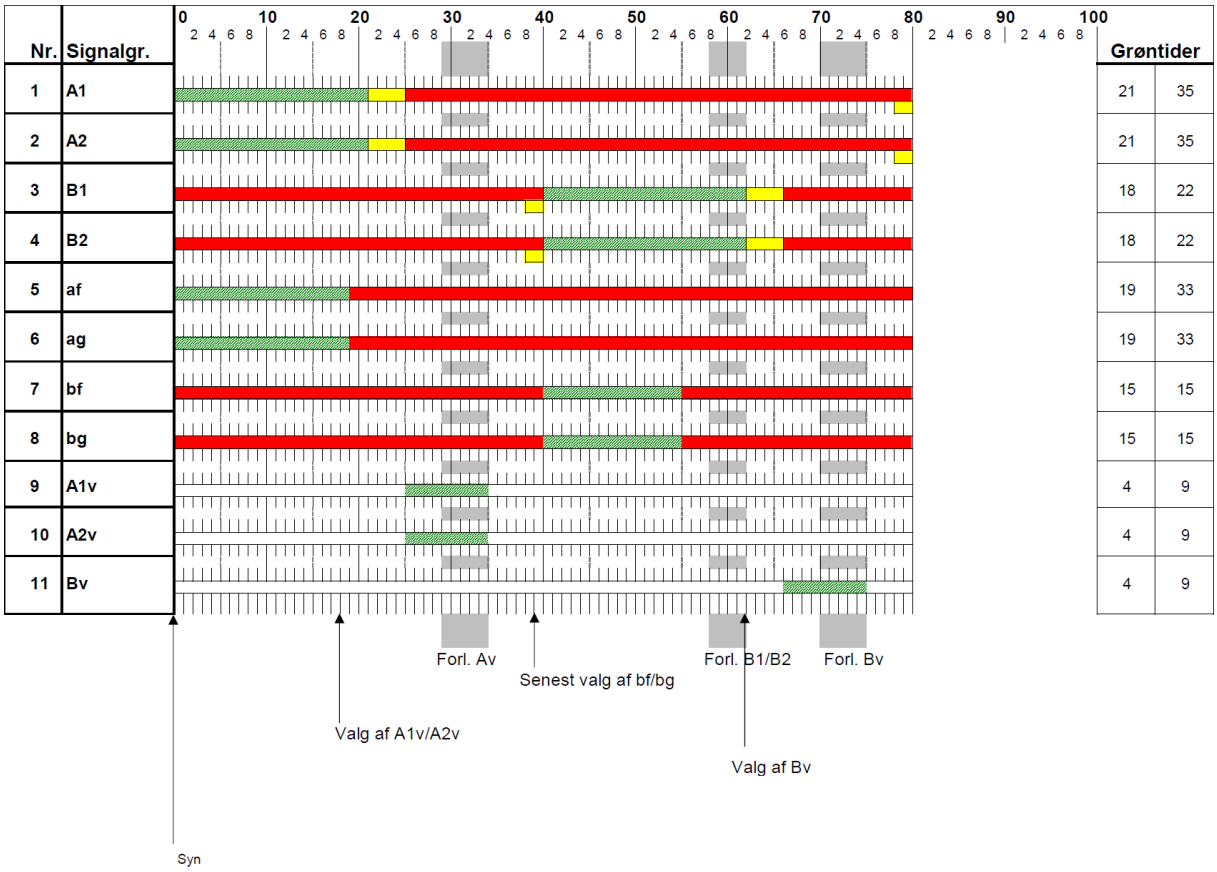


Samordnet/Skjult Syn (P4)



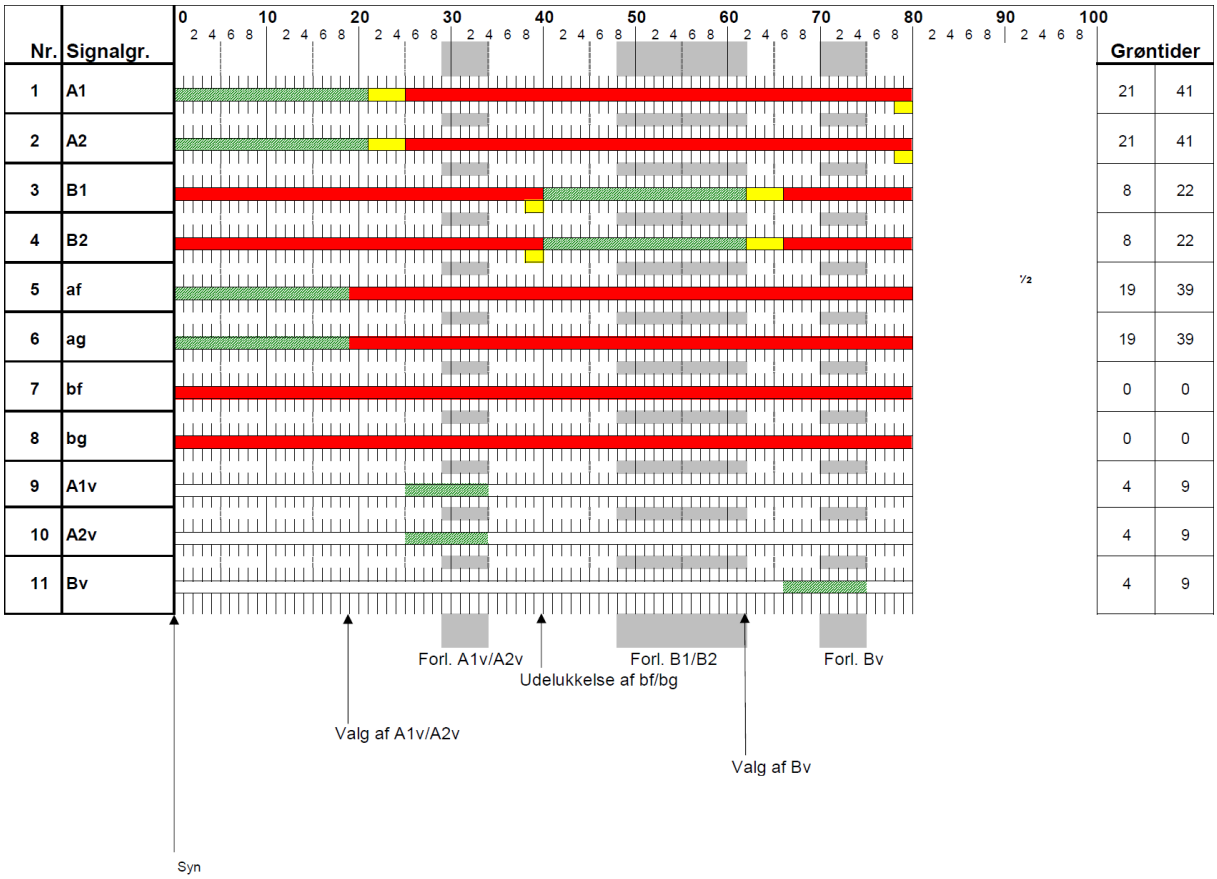
80"Morgenprogram, Samordnet (P1)

med A1v/A2v & Bv, med bf/bg



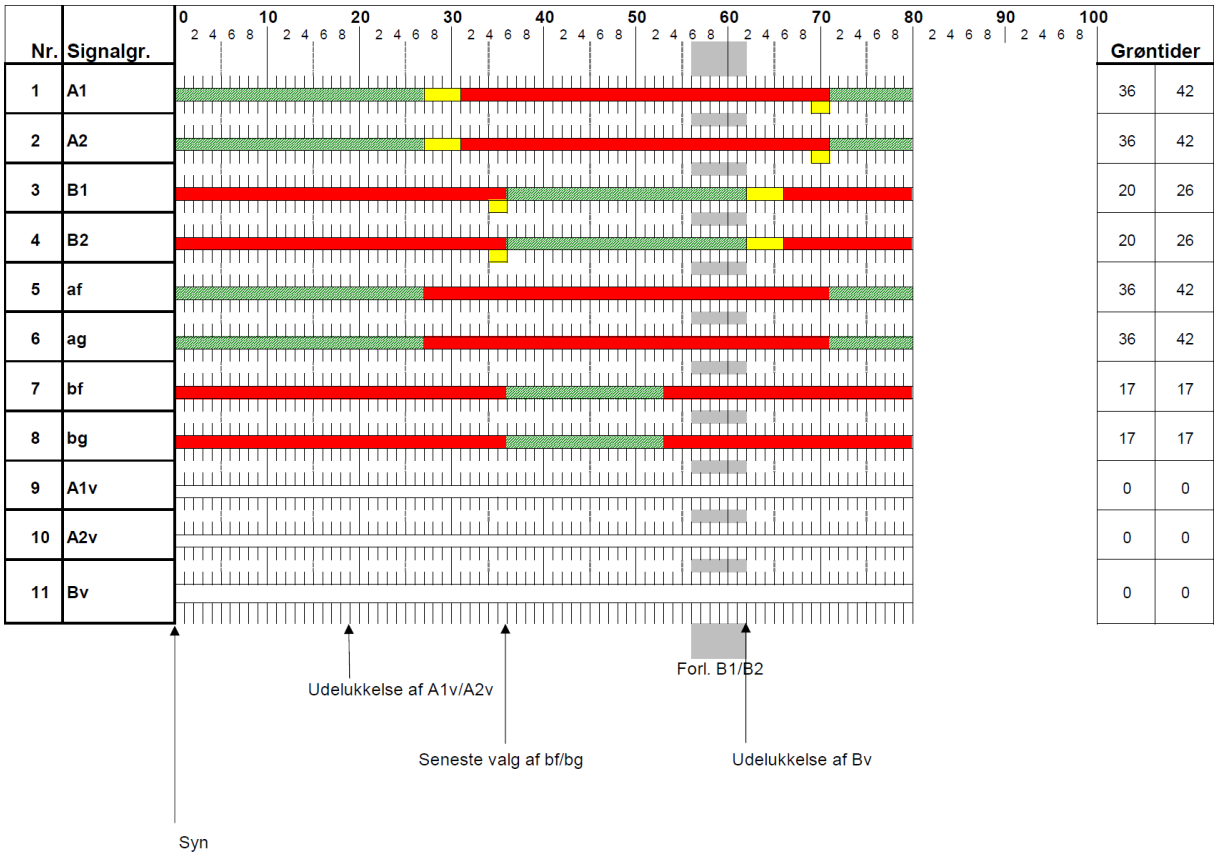
80"Morgenprogram, Samordnet (P1)

med A1v/A2v & Bv, uden bf/bg



80"Morgenprogram, Samordnet (P1)

Uden A1v/A2v & Bv

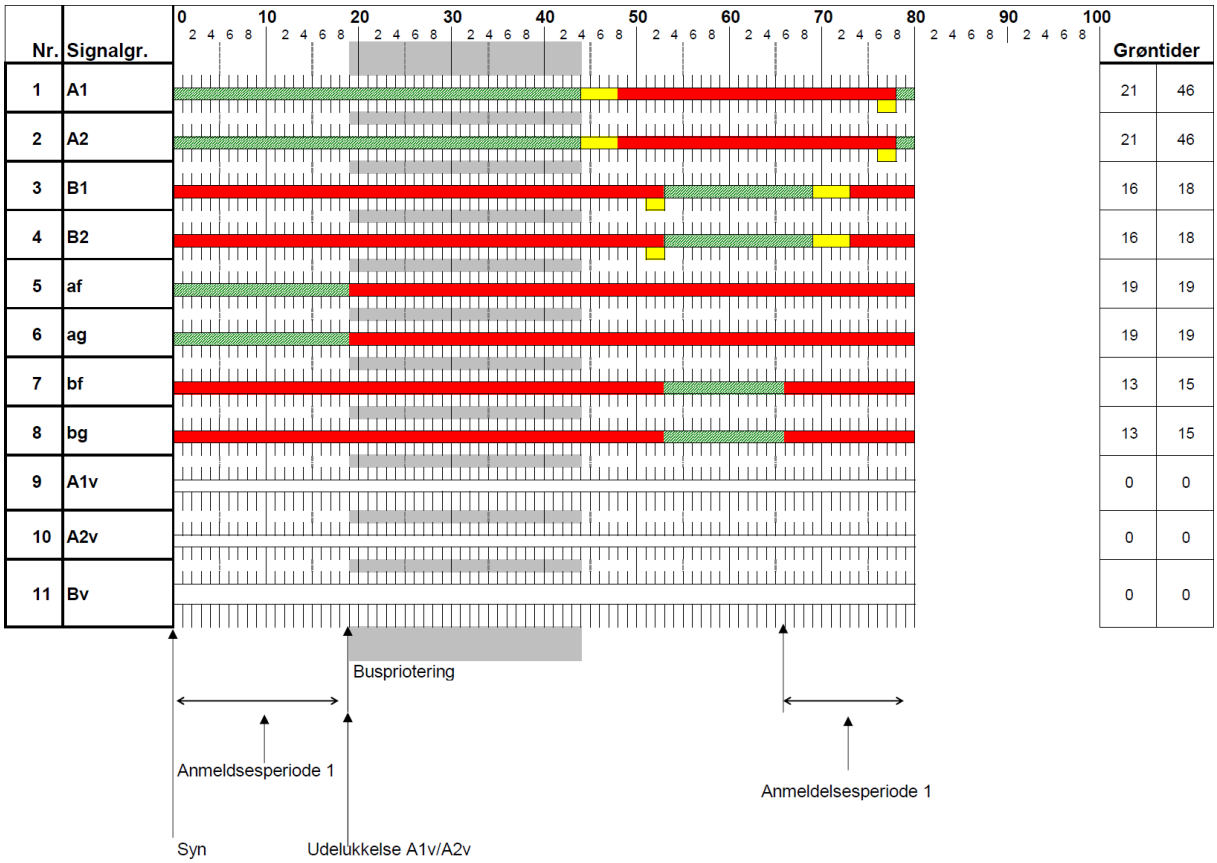


Uden bf/bg:

Ved manglende valg af bf/bg får B1/B2 en minimumsgrøntid på 8 sek, med forlængelse op til 26 sek.

80"Morgenprogram, Samordnet (P1)

Busprioritering med "Eftergrønt"



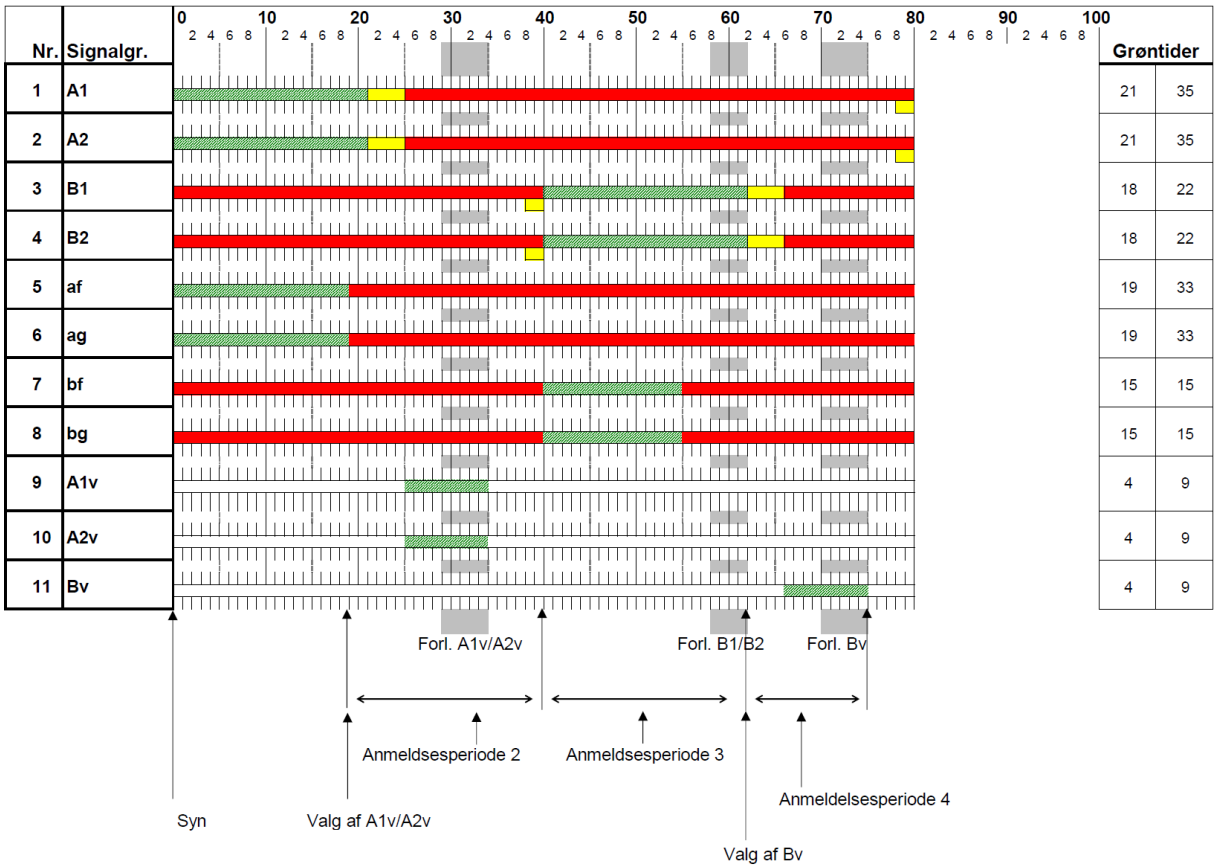
Valg af Busprioritering (Abus), Anmeldelsesperiode 1:
A1 & A2 gives op til 25 sek. ekstra grønt ("Eftergrønt").

Efter udførelse af "Eftergrønt"udelukkes A1v/A2v og Bv for indkobling i samme omløb.

Ved ny anmeldelse af busprioritering i et omløb med "Eftergrønt", kan B retningen afkortes med op til 2 sek.

80"Morgenprogram, "Førgrønt", (P1)

Busprioritering med "Eftergrønt"



Anmeldelsesperiode 2 for A-Bus "Førgrønt"

Av afkortes til 4 sek.

b-fodg. afkortes efter 13 sek.

B-retning afkortes efter 16 sek.

B-retningens forlængelse annulleres

Indkobling af Bv forhindres.

A-retning gives op til 20 sek. tidligere grønt

Anmeldelsesperiode 3 for A-Bus "Førgrønt"

b-fodg. afkortes efter 13 sek.

B-retning afkortes efter 16 sek.

B-retningens forlængelse annulleres

Indkobling af Bv forhindres.

A-retning gives op til 15 sek. tidligere grønt

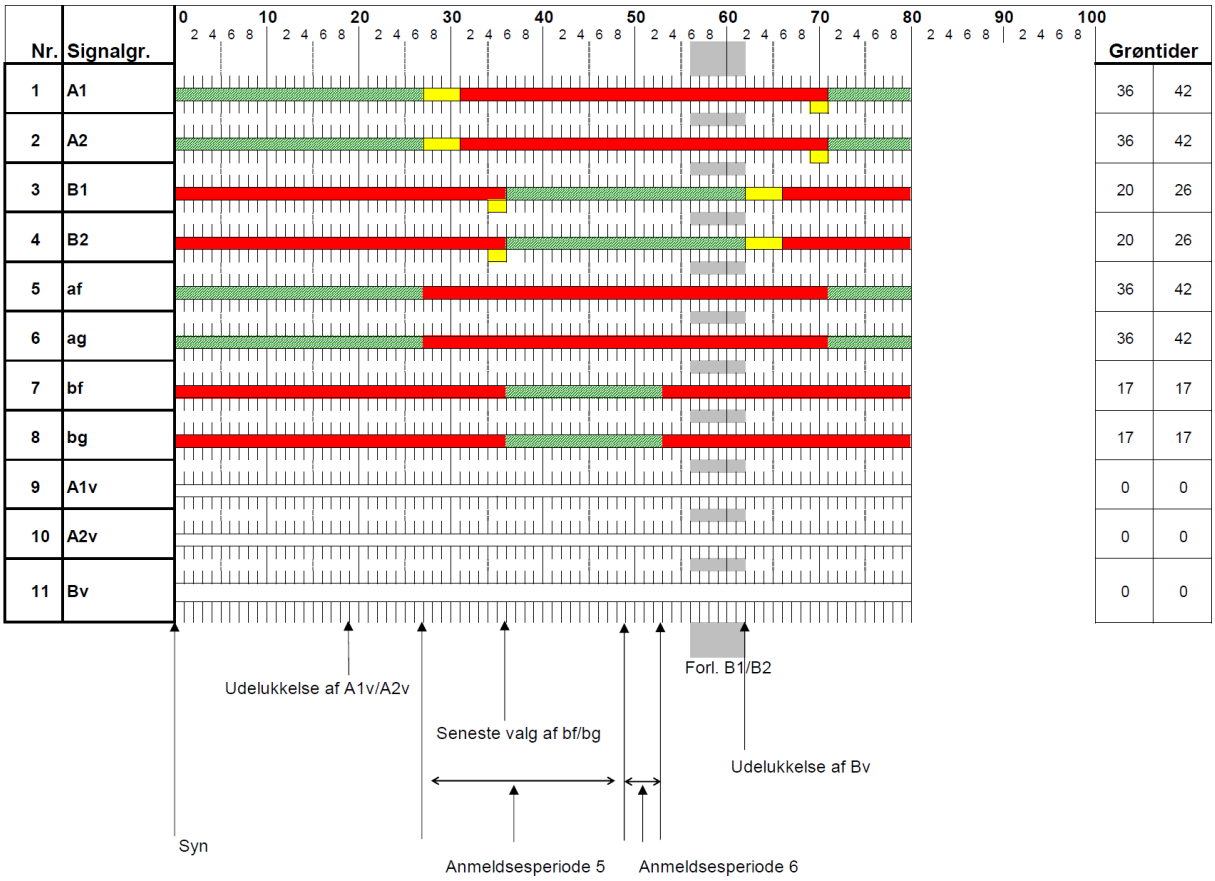
Anmeldelsesperiode 4 for A-Bus "Førgrønt"

Bv afkortes til 4 sek.

A-retning gives op til 9 sek. tidligere grønt

80"Morgenprogram, Samordnet (P1)

Uden valg af A1v/A2v, udelukkelse af Bv, med busprioritering



Anmeldelsesperiode 5 for A-Bus,"Førgrønt":

b-fodg. afkortes efter 13 sek.

B-retning afkortes efter 16 sek.

Indkobling af Bv forhindres.

A-retning gives op til 18 sek. tidligere grønt. (i forhold til A1v/A2v ikke er valg og Bv vælges).

Anmeldelsesperiode 6 for A-Bus, "Førgrønt":

b-fodg. afsluttes øjeblikketlig.

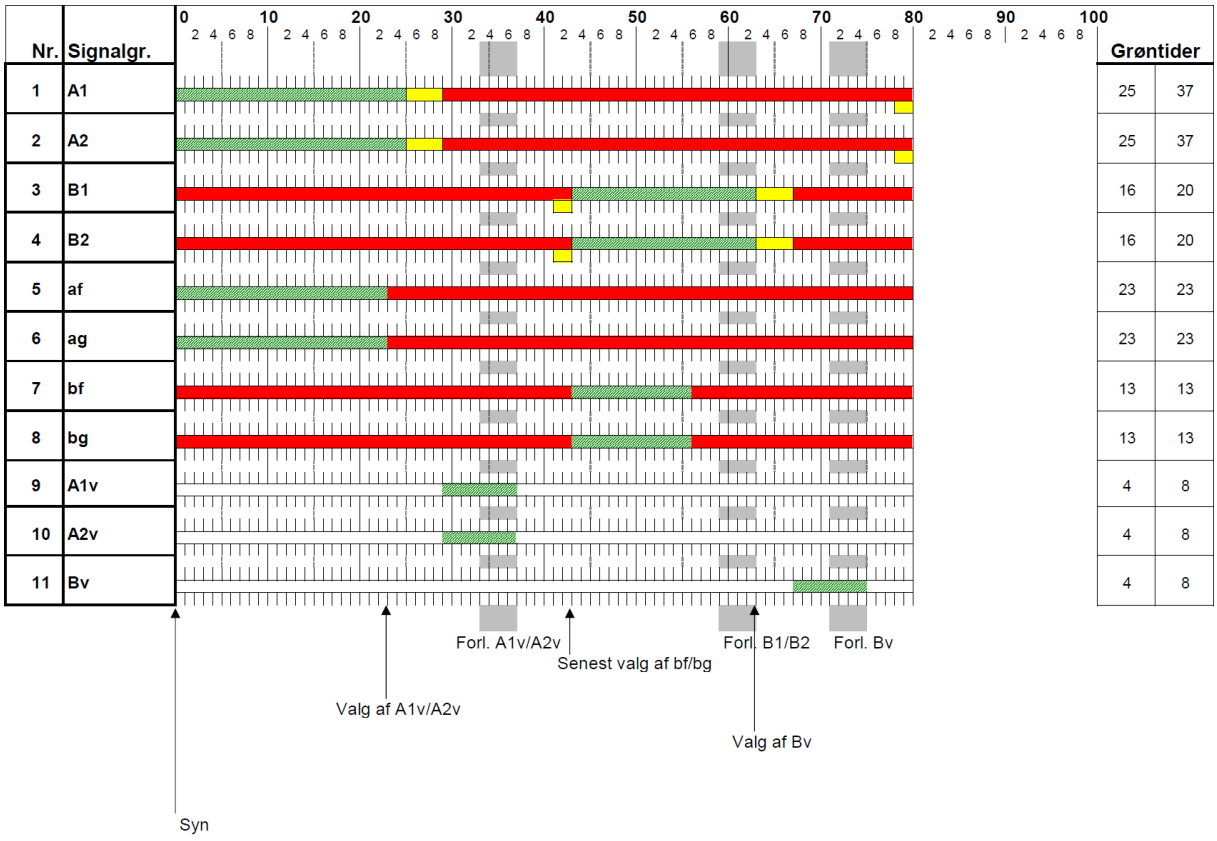
B-retning afsluttes 3 sek. efter b fodg.

Indkobling af Bv forhindres.

A-retning gives op til 18 sek. tidligere grønt. (i forhold til Bv vælges).

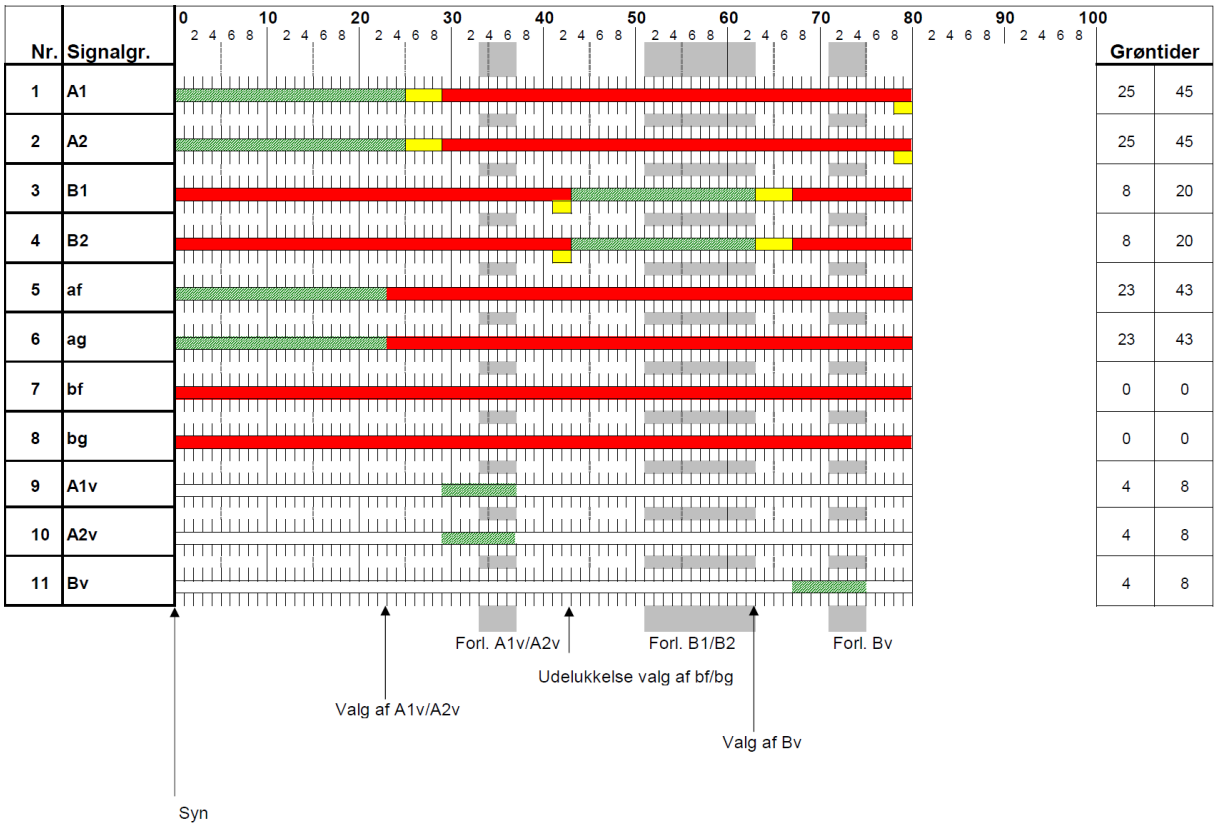
80"Eftermiddagsprogram, Samordnet, (P2)

med A1v/A2v, med Bv, med bf/bg



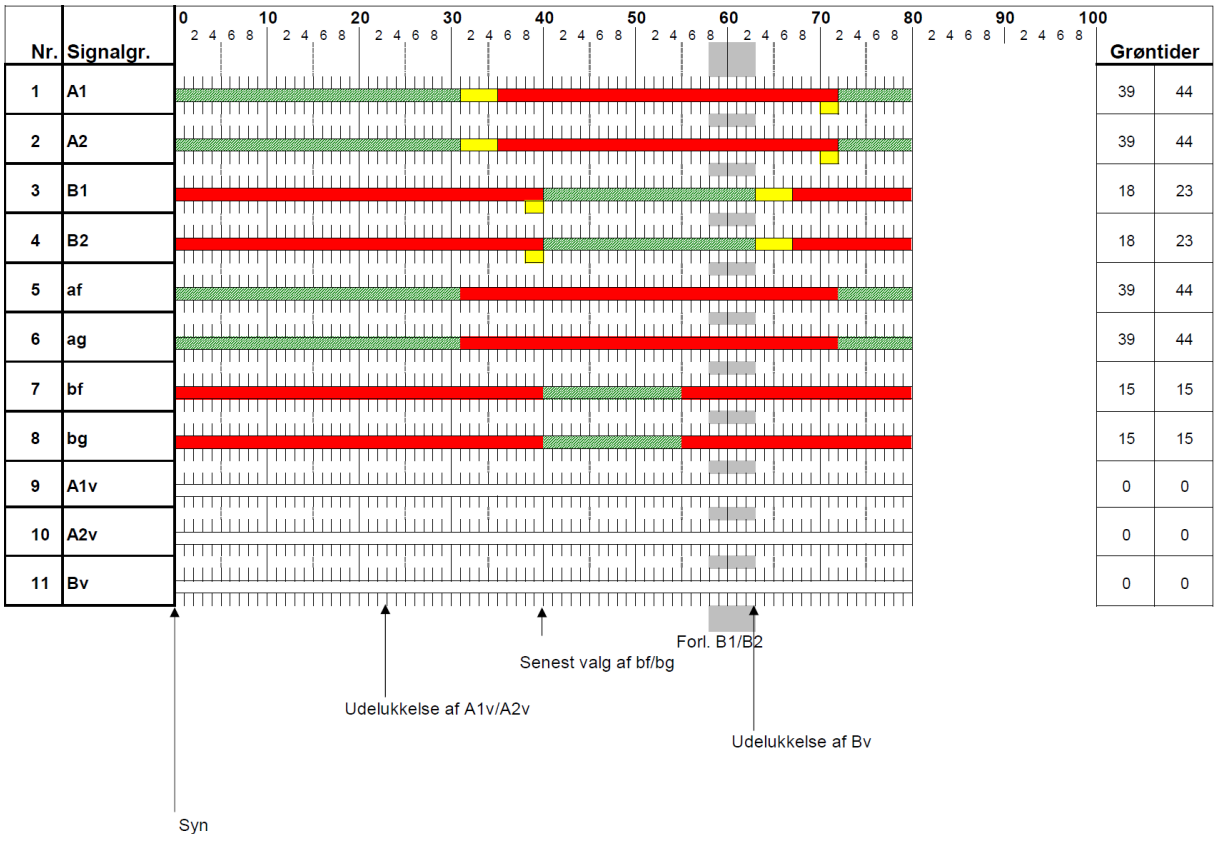
80"Eftermiddagsprogram, Samordnet, (P2)

med A1v/A2v, med Bv, uden bf/bg



80"Eftermiddagsprogram, Samordnet, (P2)

Uden A1v/A2v, uden Bv, med bf/bg

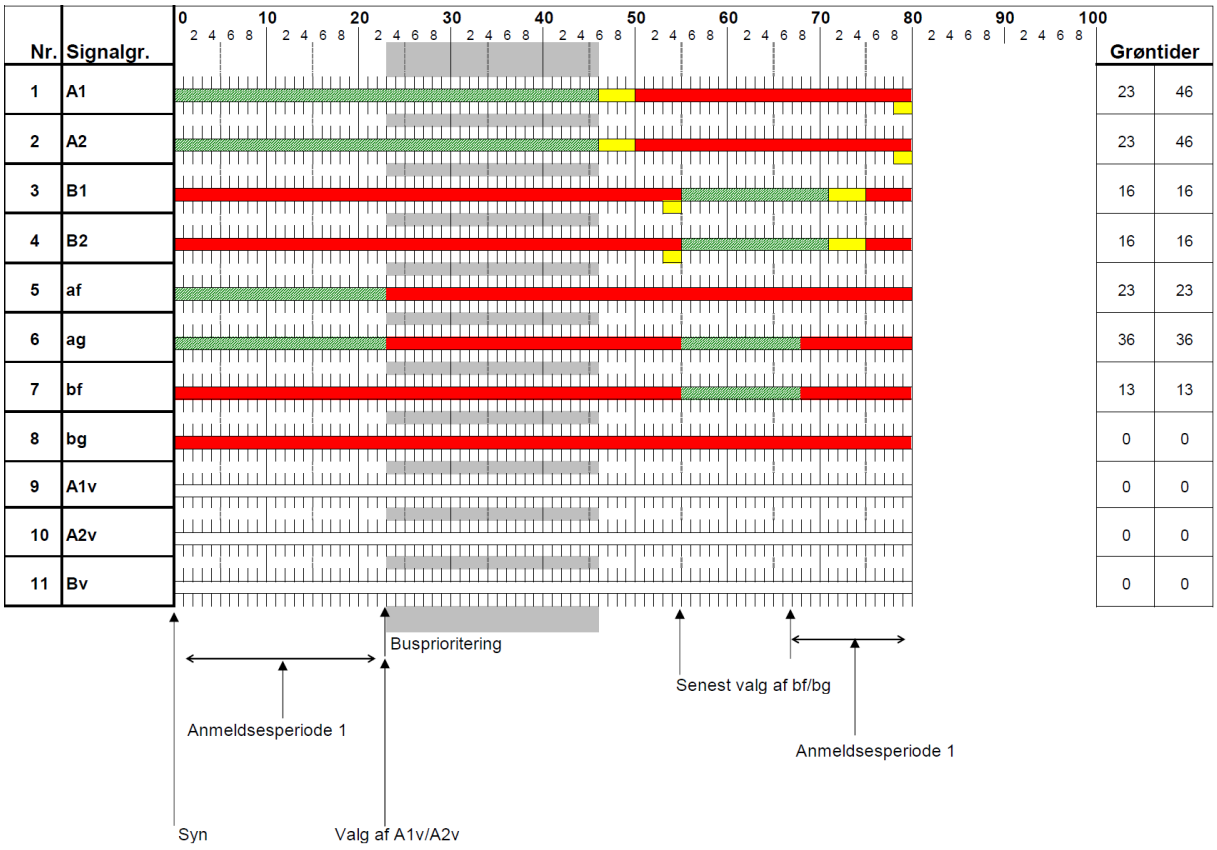


Uden bf/bg:

Ved manglende valg af bf/bg får B1/B2 en minimumsgrønttid på 8 sek, med forlængese op til 26 sek.

80"Eftermiddagsprogram, Samordnet, (P2)

Busprioritering med "Eftergrønt"



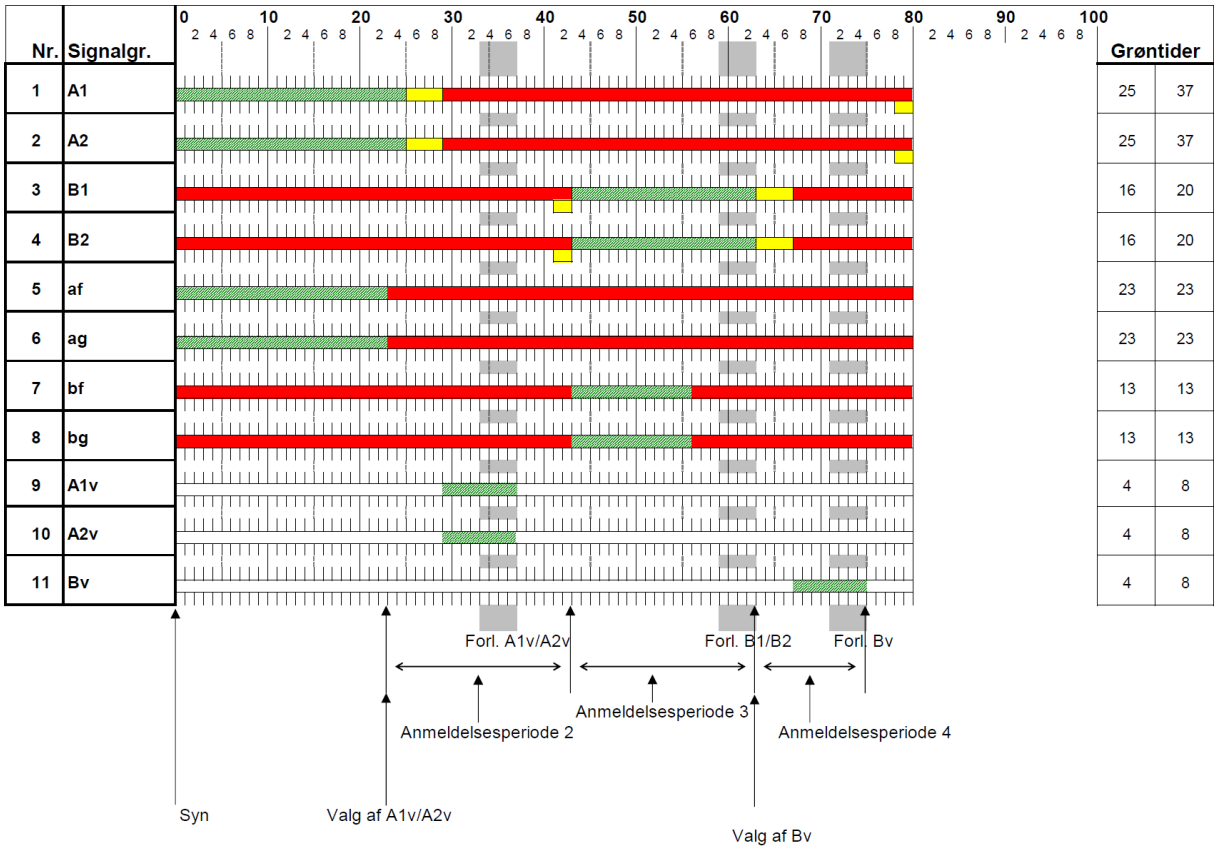
Valg af Busprioritering (Abus), Anmeldelsesperiode 1:

A1 & A2 gives op til 23 sek. ekstra grønt ("Eftergrønt").

Efter udførelse af "Eftergrønt"udelukkes A1v/A2v og Bv for indkobling i samme omløb.

80"Eftermiddagsprogram, Samordnet, (P2)

Med A1v/A2v, med Bv, med bf/bg, Busprioritering med "Førgrønt"



Anmeldelsesperiode 2 for A-Bus "Førgrønt"

A1v/A2v afkortes til 4 sek.

B-retningens forlængelse annulleres

Indkobling af Bv forhindres.

A-retning gives op til 12 sek. tidligere grønt

Anmeldelsesperiode 3 for A-Bus "Førgrønt"

B-retningens forlængelse annulleres

Indkobling af Bv forhindres.

A-retning gives op til 8 sek. tidligere grønt

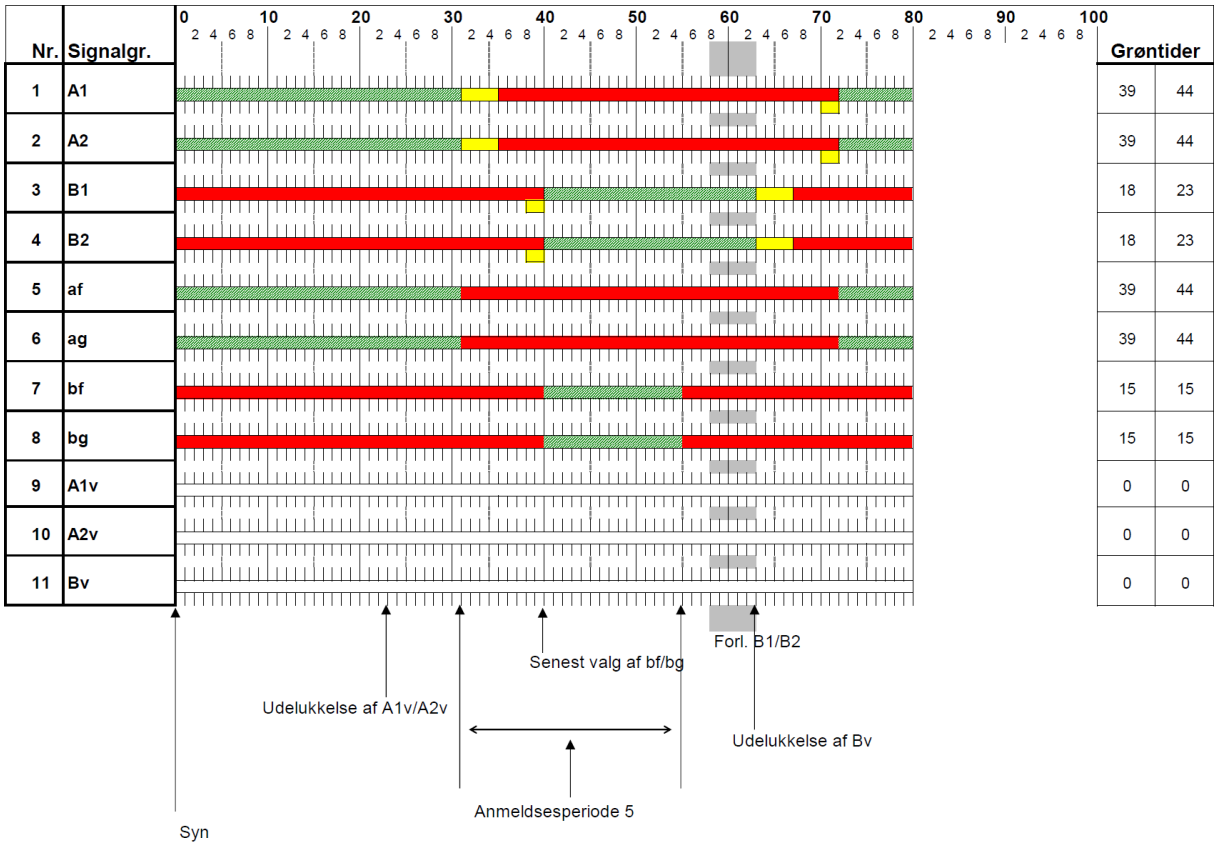
Anmeldelsesperiode 4 for A-Bus "Førgrønt"

Bv afkortes til 4 sek.

A-retning gives op til 4 sek. tidligere grønt

80"Eftermiddagsprogram, Samordnet, (P2)

Uden valg af A1v/A2v, udelukkelse af Bv, med bf/bg, Busprioritering med "Førgrønt"



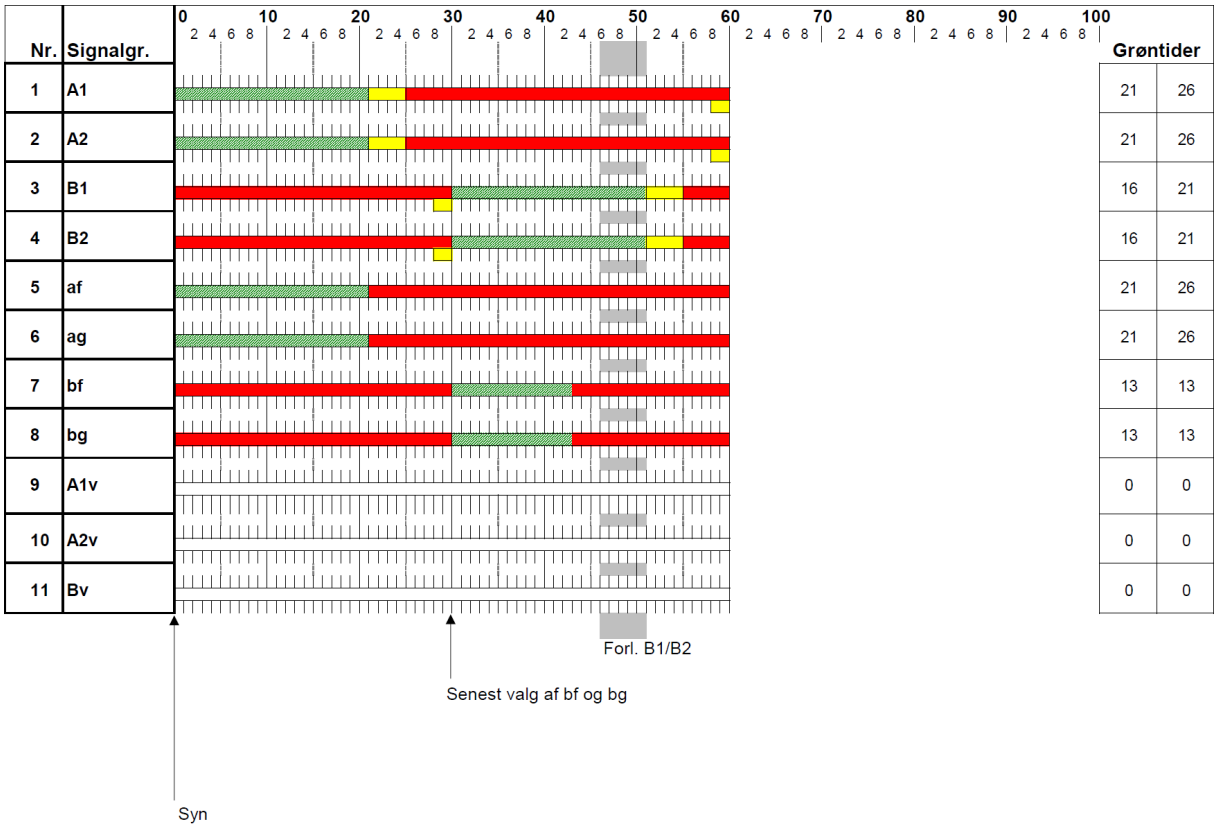
Anmeldelsesperiode 5 for A-Bus "Førgrønt"

Indkobling af Bv forhindres.

A-retning gives op til 5 sek. tidligere grønt. (i forhold til A1v/A2v ikke er valg og Bv vælges).

60"Dagprogram, Samordnet, (P3)

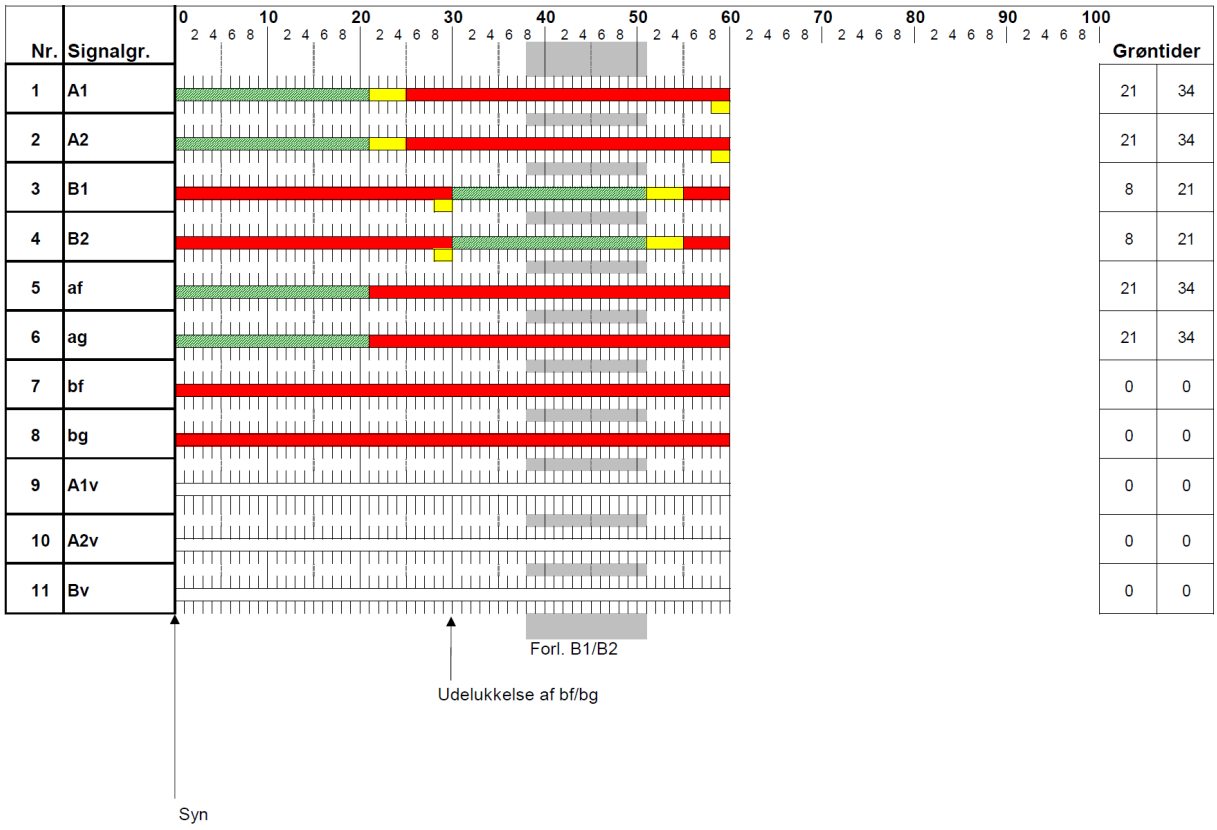
Fast uden A1v/A2v & Bv



Nr.	Signalgr.	Grøntider	
1	A1	21	26
2	A2	21	26
3	B1	16	21
4	B2	16	21
5	af	21	26
6	ag	21	26
7	bf	13	13
8	bg	13	13
9	A1v	0	0
10	A2v	0	0
11	Bv	0	0

60"Dagprogram, Samordnet, (P3)

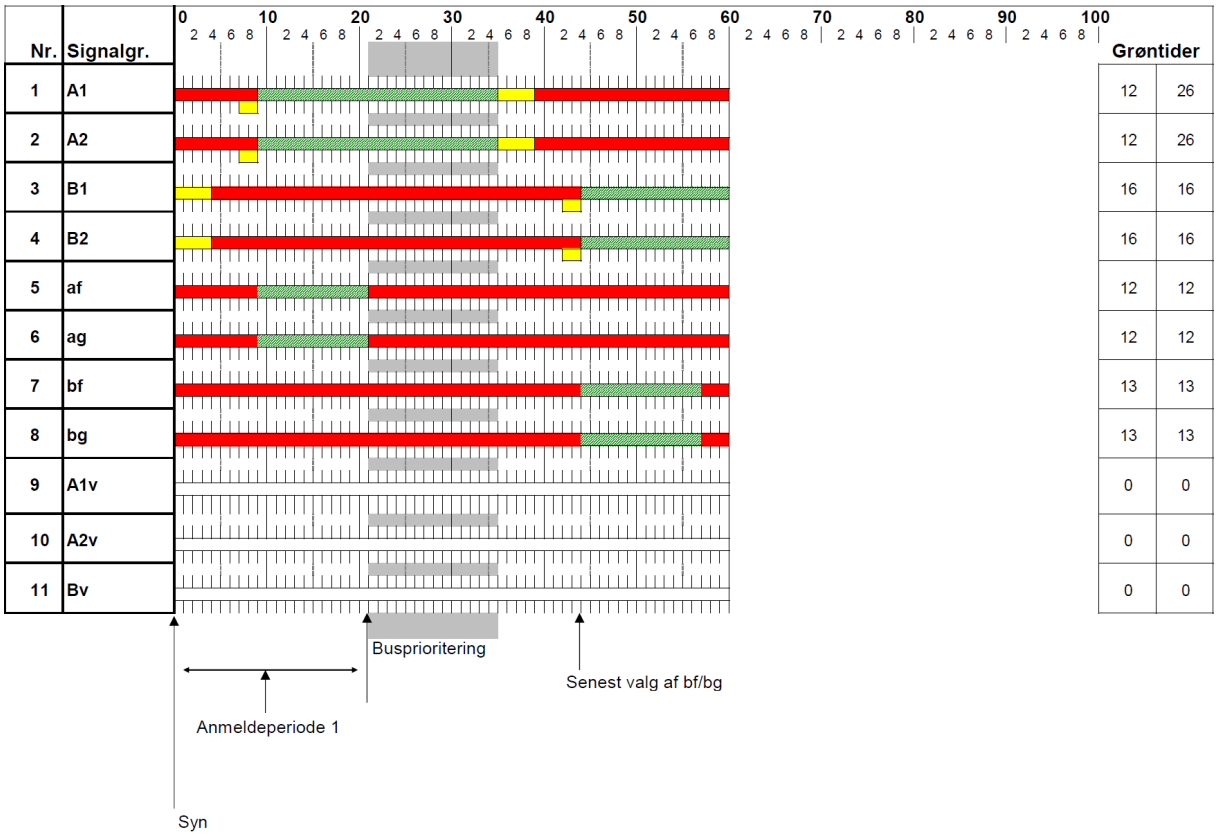
Fast uden A1v/A2v & Bv , uden bf/bg



Nr.	Signalgr.	Grøntider	
1	A1	21	34
2	A2	21	34
3	B1	8	21
4	B2	8	21
5	af	21	34
6	ag	21	34
7	bf	0	0
8	bg	0	0
9	A1v	0	0
10	A2v	0	0
11	Bv	0	0

60"Dagprogram, Samordnet, (P3)

Fast uden A1v/A2v & Bv



Anmeldelsesperiode 1 for A-Bus

A1 & A2 gives op til 14 sek. ekstra grønt ("Eftergrønt).

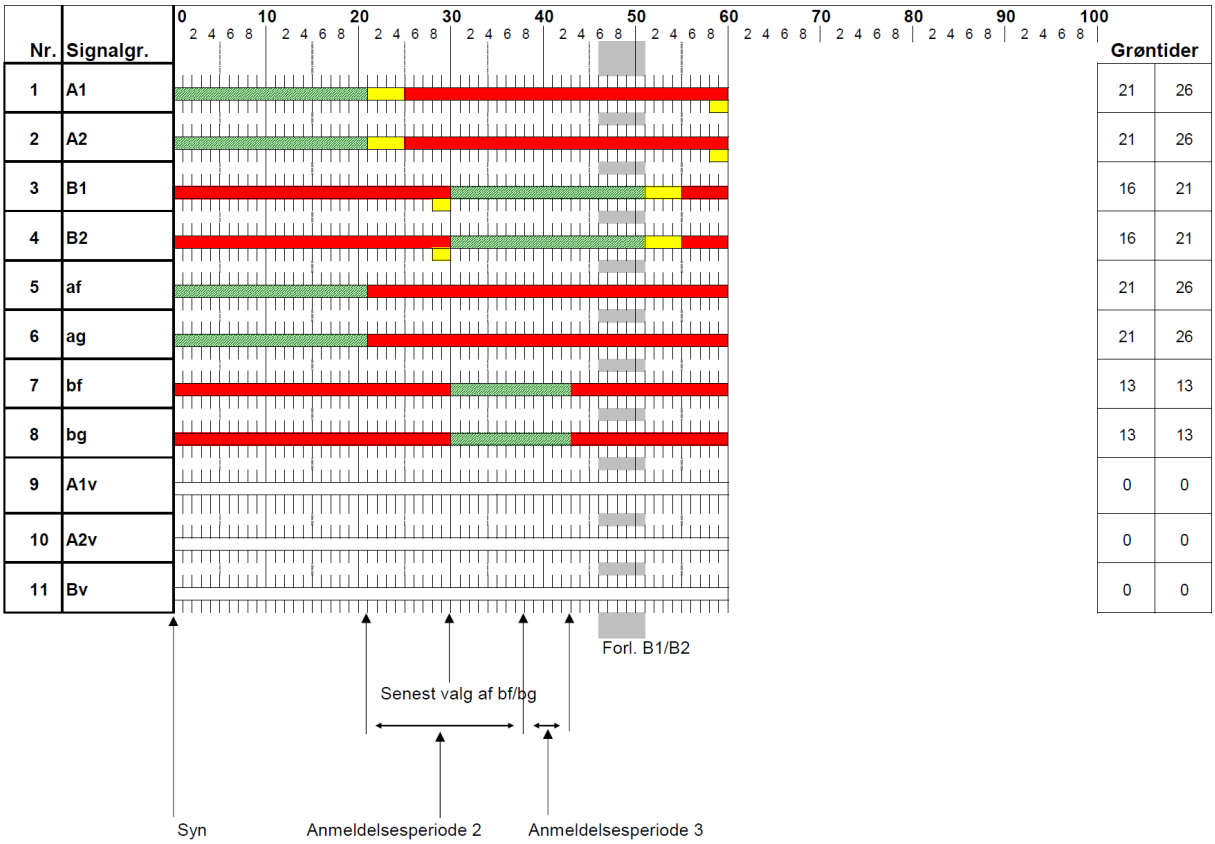
Grønt i A-retningen udskydes i næste omløb.

Uden valg af bf/bg

B1/B2 får 8 sek. min. grønt, med forlængelse op til 16 sek. Ikke anvendt forlængelse giver tidligere opstart af A retningen.

60"Dagprogram, Samordnet, (P3)

Fast uden A1v/A2v & Bv, Busprioritering med "Førgrønt"



Anmeldelsesperiode 2 for A-Bus, "Førgrønt":

b-fodg. afkortes efter 10 sek.

B-retning afkortes efter 13 sek.

Uden valg af bf/bg, kan B-retningen afkortes efter min. 8 sek. grønt

A-retning gives op til 5 sek. tidligere grønt, uden valg af bf/bg, op til 13 sek. tidligere grønt.

Anmeldelsesperiode 3 for A-Bus, "Førgrønt":

b-fodg. afkortes øjeblikkeligt.

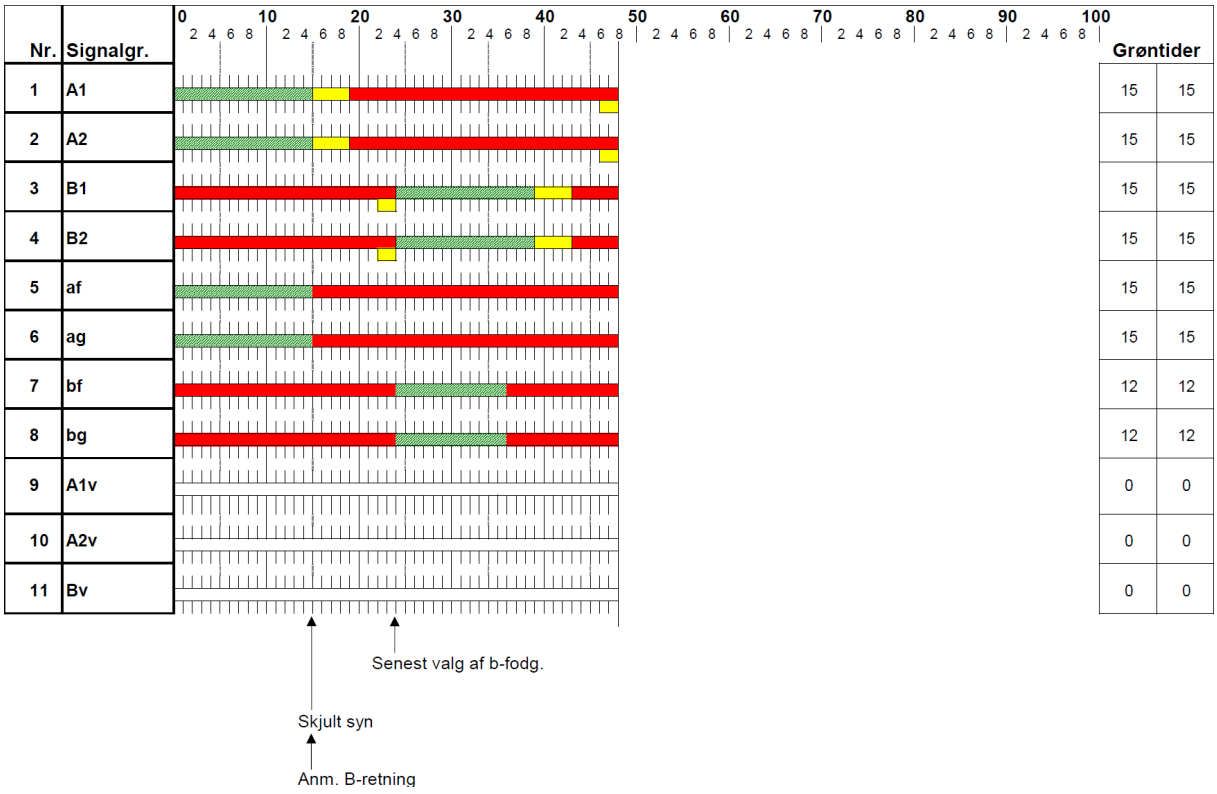
B-retning afsluttes 3 sek. senere. Forlængelsemulighed annulleres.

Uden valg af bf/bg, afkortes B-retningen øjeblikkeligt

A-retning gives op til 5 sek. tidligere grønt.

48"Natprogram, Samordnet/Skjult syn, (P4)

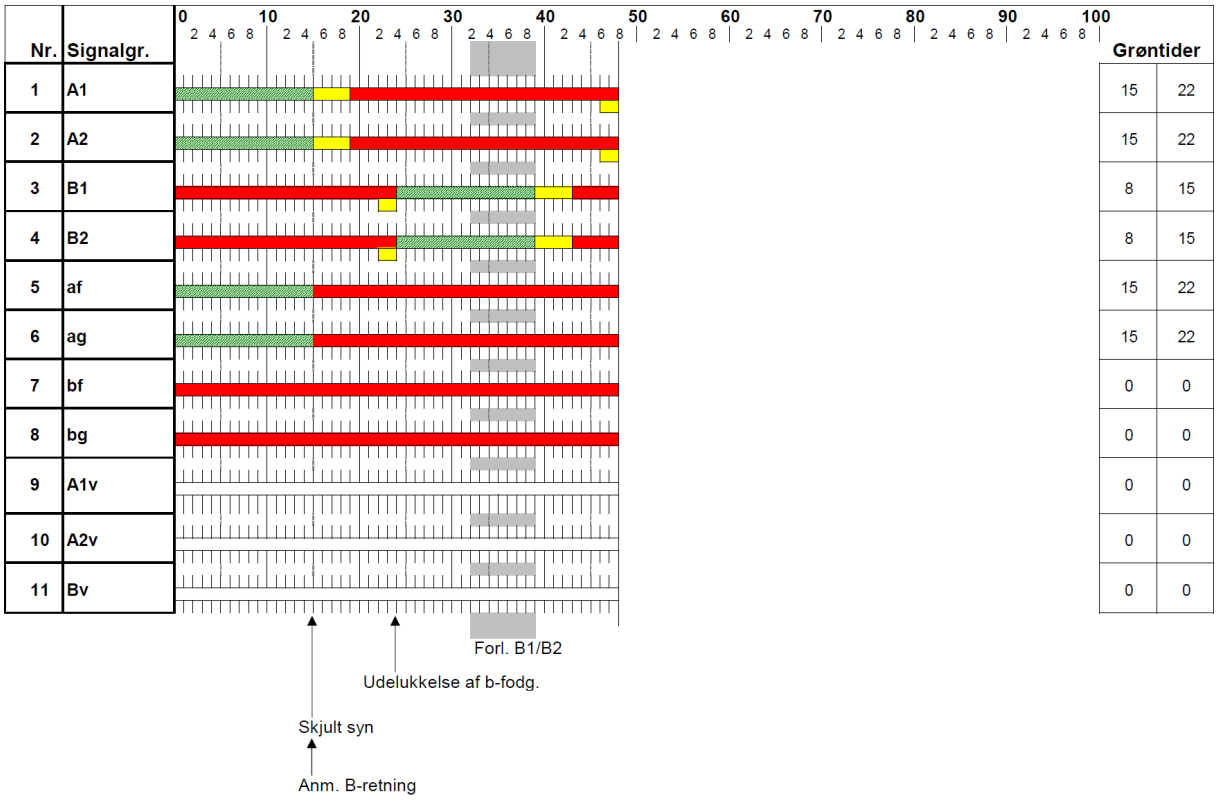
Med valg af bf/bg. Fast uden A1v/A2v & Bv.



Nr.	Signalgr.	Grøntider	
1	A1	15	15
2	A2	15	15
3	B1	15	15
4	B2	15	15
5	af	15	15
6	ag	15	15
7	bf	12	12
8	bg	12	12
9	A1v	0	0
10	A2v	0	0
11	Bv	0	0

48"Natprogram, Samordnet/Skjult syn, (P4)

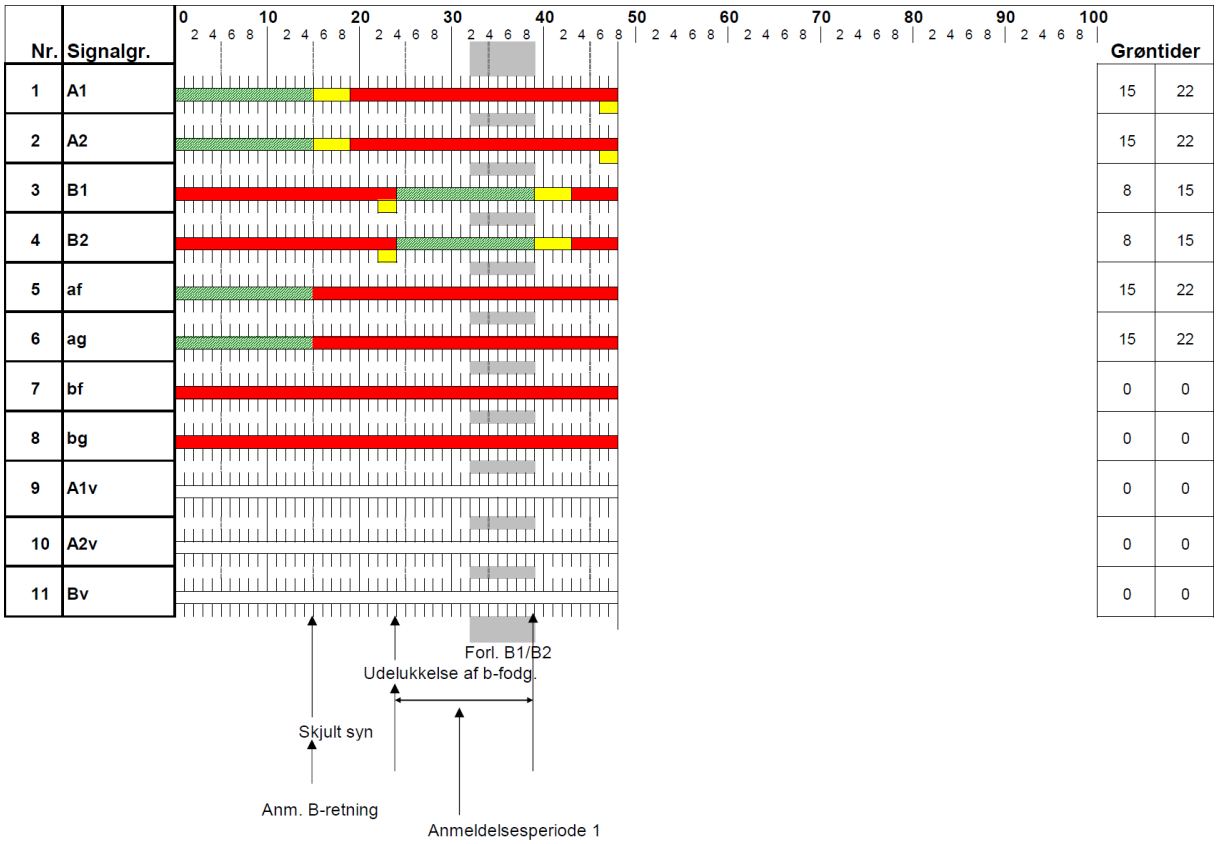
Uden bf/bg. Fast uden A1v/A2v & Bv.



Nr.	Signalgr.	Grøntider	
1	A1	15	22
2	A2	15	22
3	B1	8	15
4	B2	8	15
5	af	15	22
6	ag	15	22
7	bf	0	0
8	bg	0	0
9	A1v	0	0
10	A2v	0	0
11	Bv	0	0

48"Natprogram, Samordnet/Skjult syn, (P4)

Uden bf/bg. Fast uden A1v/A2v & Bv, Busprioritering "Førgrønt"



Anmeldelsesperiode 1 for A-Bus, "Førgrønt":

Kan kun vælges, når bf/bg ikke er valgt.

B-retning afkortes efter 6 sek. min.grønt.

A-retningen gives op til 9 sek. tidligere grønt.

Detektorfunktionsskema, ITC-3

				F12DN1	F011DN1-8	F10DN4	F10DN5			F12DN4	F12DN6	F12DN9	F12DN4=3 F12DN6=TID	F12DN5	F12DN10	F12DN11	F7PGN1	F12DN13	F12DN14	F12DN17	F12DN18	F12DN12		F12DN20			
Spoler										Anmeldelser					Var.min.grønt			Forlængelse af grønt						Spec. Funkt.			
Std.	-	-				3	Bil			1	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	0,0	0,0	1		0,0			
Område	- -	- -				3	- -			0 - 1	0 - 25,5	- -	- -	- -	0 - 25,5	0 - 25,5	0 - 25,5	0 - 25,5	0 - 25,5	0 - 25,5	0 - 255	0 - 1		0 - 25,5		A, F, U, I	
Detektornummer	Kamera nr.:	I/O nr.:	Afstand fra stoplinie (m)	Tilhørende signalgruppe (gruppenummer)	Retningskobling	Udballancering (std. 3 eller 100 min)	Følsomhed Cy/Kn=25, Mc=50, Bil=100, Bus=2000			Hukommelse: Med: 1 ("pass")/ Uden: 0 ("Kø")	Forsinket anmeldelse / belægningstid (s)	Reservationstid / præ-anmeldelse (s)	Forskudt anmeldelse (udskudt skift) (s)	Anmeldelse X sek. efter grønt slut	Opmarchtillæg, første bil (s)	Opmarchtillæg, følgende biler (s)	Max. opmarchtillæg (s)	Intervaltid i Periode 1 (s)	Intervaltid i Periode 2 (s)	Fratids-intervaltid (Periode 3) (s)	Spærretid før max.grønt (s)	Genoptag forlængelse: Nej : 0 / Ja: 1		Min.rødt intervaltid	Tælling	Funktion ved fejl registr. via detektorlogik	*A=Anmeldelse, F=Forlængelse, U=Uden funktion, I=Ingen fejlmeddelse*
1			0-(-15)	9		100	Bil			1	4,0							0,1	0,1			0				A	
2			0-(-15)	9		100	Bil			1	4,0							0,1	0,1			0				A	
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
R9			60-65	4		100	Bil			1								2,5	2,5			1				A	
R10			60-65	4		100	Bil			1								2,5	2,5			1				A	
R11			15-30	4		100	Bil											0,5	0,5			0				U	
R12			15-30	4		100	Bil											0,5	0,5			0				U	
R13			10-25	10		100	Bil			1								0,5	0,5			0				A	
R14			0-10	4		100	Bil			1				2,0				0,5	0,5			0				A+F	
R15			0-10	4		100	Bil			1				2,0				0,5	0,5			0				A+F	
R16			3-(-12)	10		100	Bil			1	4,0							0,5	0,5			0				A	
R17			60-65	3		100	Bil			1								2,5	2,5			1				A	
R18			15-30	3		100	Bil											0,5	0,5			0				U	
R19			15-30	3		100	Bil											0,5	0,5			0				U	
R20			10-25	10		100	Bil			1								0,5	0,5			0				A	
R21			0-10	3		100	Bil			1				2,0				0,5	0,5			0				A+F	
R22			0-10	3		100	Bil			1								0,5	0,5			0				A	
R23			5-(-15)	10		100	Bil			1	4,0							0,5	0,5			0				A	
24																											
25																											
26																											
27																											
28																											
29																											
30																											
31																											
32																											
33																											
34																											
35																											
36																											
37																											
38																											
39																											
40																											

Mellemtidsmatrix

			Til indkommende grupper															
Signalgruppenavn			A1	A2	B1	B2	af	ag	bf	bg	A1v	A2v	Bv					
Signalgruppe nr.			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Fra udgående grupper	A1	1			9	9			9	9	4	4	8					
	A2	2			9	9			9	9	4	4	8					
	B1	3	9	9			9	9			9	9	4					
	B2	4	9	9			9	9			9	9	4					
	af	5			9	9					6	6	8					
	ag	6			9	9					6	6	8					
	bf	7	12	12							12	12	4					
	bg	8	12	12							12	12	4					
	A1v	9	8	8	6	6	8	8	6	6			8					
	A2v	10	8	8	6	6	8	8	6	6			8					
	Bv	11	5	5	8	8	5	5	8	8	8	8						
		12																
		13																
		14																
		15																
		16																

Anførte min. mellemtider gælder fra grøn slutter i en gruppe til grøn starter i konflikterende gruppe

Tidsskema

Tidspunkter for programskift:

Hverdage : Mandag - Torsdag							
	Program	P1	P2	P3	P4		
Klokkeslæt							
21.00 - 05.30					x		
05.30 - 06.30				x			
06.30 - 09.30		x					
09.30 - 12.00				x			
12.00 - 19.00			x				
19.00 - 21.00				x			

Hverdage : Fredag							
	Program	P1	P2	P3	P4		
Klokkeslæt							
21.00 - 05.30					x		
05.30 - 09.30		x					
09.30 - 12.00				x			
12.00 - 19.00			x				
19.00 - 21.00				x			

Weekend : Lørdag							
	Program	P1	P2	P3	P4		
Klokkeslæt							
21.00 - 05.30					x		
05.30 - 9.30				x			
09.30 - 14.30			x				
14.30 - 21.00				x			

Weekend : Søndag							
	Program	P1	P2	P3	P4		
Klokkeslæt							
05.30 - 21.00				x			
21.00 - 05.30					x		

E | Flowdiagram for signalprogram

Bilaget indeholder flowdiagrammer, som beskriver den logikken til signalprogrammerne.

Logikken evalueres én gang i sekundet. Hvert sekund vurderer signalprogrammet, hvad der skal ske i den næste fase, baseret på den aktuelle fase og den observerede trafiksituation. Denne cykliske opdatering sikrer, at styringen løbende tilpasses de gældende forhold.

Det nye signalprogram bevarer krydsets eksisterende geometri, og dermed kan de gældende mellemtider og sikkerhedstider fra den oprindelige signalplan fastholdes. Samtidig forbliver krydset samordnet med de omkringliggende kryds, dette ved at have en fast omløbstid på 80 s.

Da logikken i morgen-, dags- og eftermiddagsprogrammerne følger samme princip, er det alene morgenprogrammet, der er vedlagt som eksempel i dette bilag.

Logikken for basisscenariet er baseret på en tolkning af det eksisterende signalgruppeprogram, som findes i bilag D.

E.1 Basisscenarie

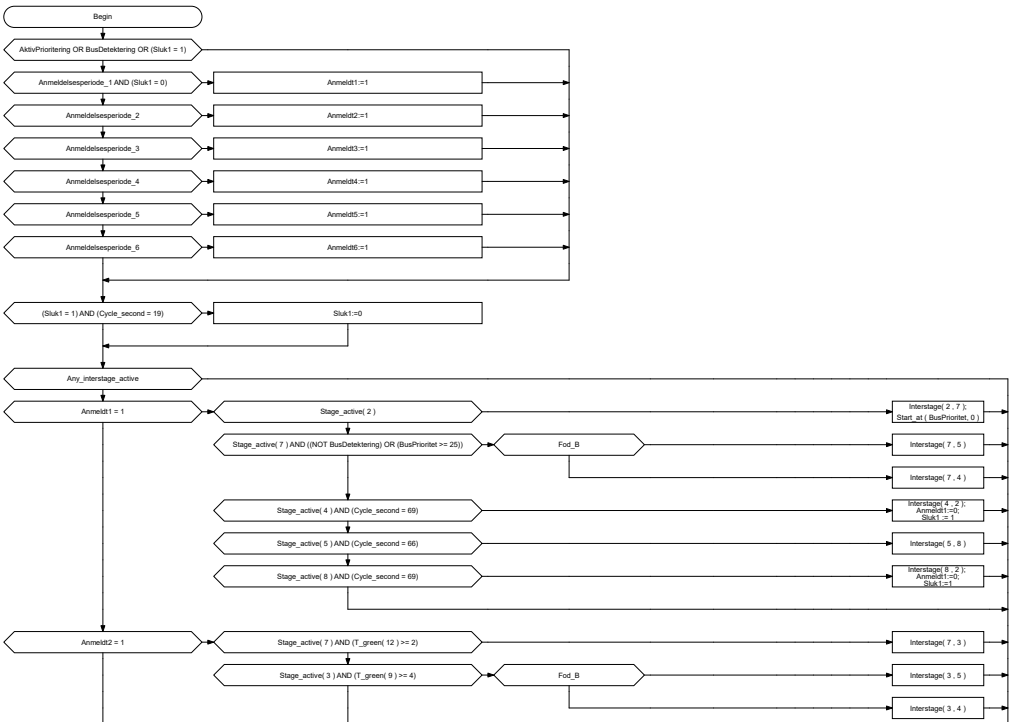
Tabel E.1 viser definerede værdier, mens tabel E.2 indeholder prædefinerede udtryk, der anvendes i VISVAP-filen. Logikken er illustreret nedenfor tabellerne.

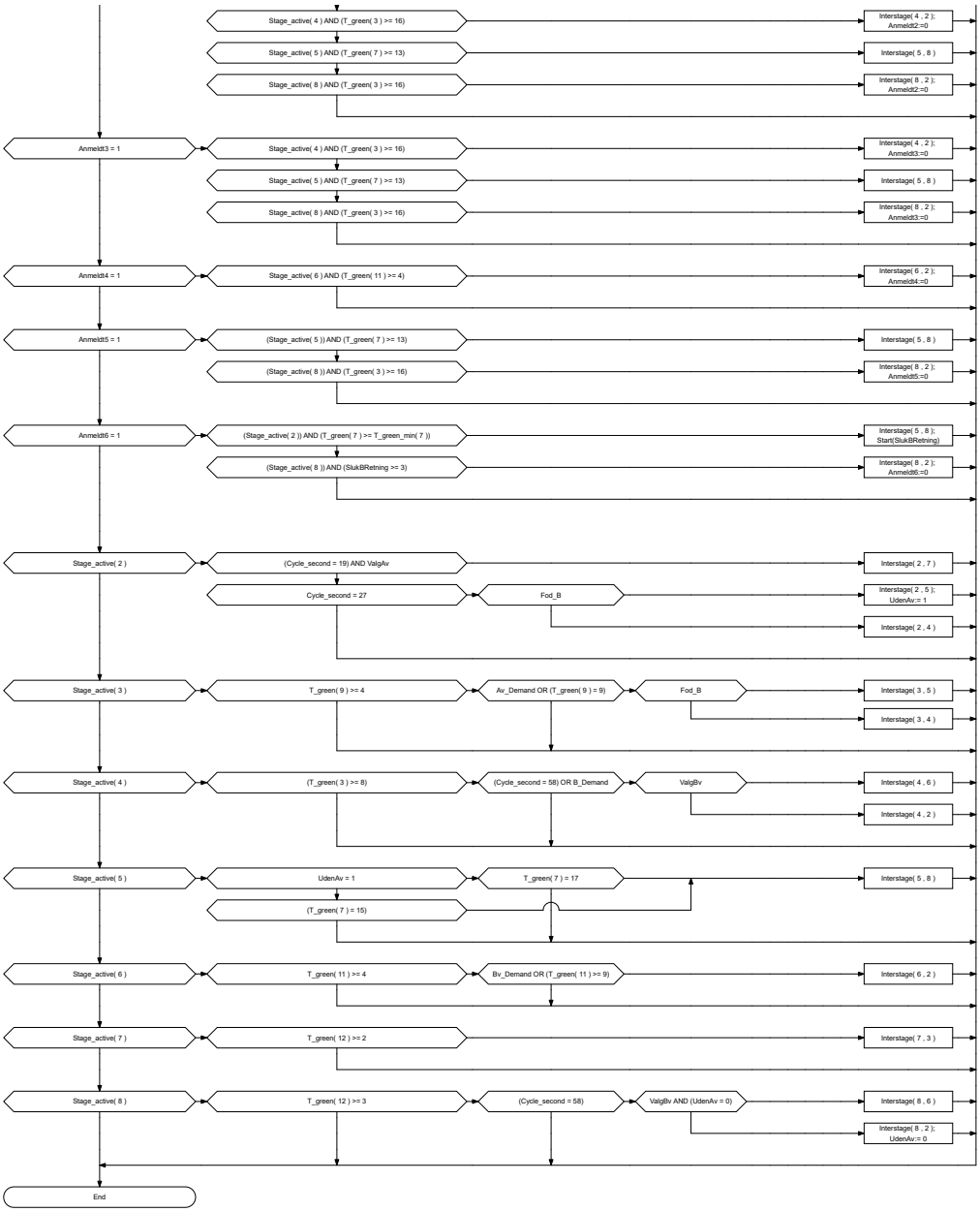
Tabel E.1. Parametre i signalstyring.

Parameter	Værdi
Gap	5

Tabel E.2. Logiske udtryk for signalstyring.

Udtryk	**Indhold**
Anmeldelsesperiode_1	(Cycle_second = 19) AND Stage_active(2)
Anmeldelsesperiode_2	(19 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 40)) AND ((Stage_active(3)) OR (Stage_active(7)) OR (Interstage_active(7,3)) OR (Interstage_active(3,4)) OR (Interstage_active(3,5)))
Anmeldelsesperiode_3	(40 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 62)) AND ((Stage_active(4)) OR (Stage_active(5)) OR (Stage_active(8)))
Anmeldelsesperiode_4	(62 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 75)) AND ((Stage_active(6)) OR (Interstage_active(8,6)))
Anmeldelsesperiode_5	(27 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 49)) AND ((Stage_active(5)) OR (Interstage_active(2,5)))
Anmeldelsesperiode_6	(49 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 53)) AND Stage_active(5)
BusDetektering	(Occupancy(40) = 0) AND (Occupancy(41) = 0)
Fod_B	Occupancy(32) > 0
AktivPrioritering	(Anmeldt1 = 1) OR (Anmeldt2 = 1) OR (Anmeldt3 = 1) OR (Anmeldt4 = 1) OR (Anmeldt5 = 1) OR (Anmeldt6 = 1)
ValgAv	(Occupancy(5) > 0) OR (Occupancy(6) > 0)
ValgBv	(Occupancy(16) > 0) OR (Occupancy(23) > 0) OR (Occupancy(13) > 0) OR (Occupancy(20) > 0)
B_Headway	(Headway(9) > Gap) AND (Headway(10) > Gap) AND ... (Headway(20) > Gap)
B_Occupancy	(Occupancy(14) = 0) AND (Occupancy(15) = 0) AND (Occupancy(16) = 0) AND (Occupancy(21) = 0) AND (Occupancy(22) = 0) AND (Occupancy(23) = 0)
B_Demand	B_Headway OR B_Occupancy
Bv_Demand	(Headway(16) > Gap) AND (Headway(23) > Gap) AND (Occupancy(16) = 0) AND (Occupancy(23) = 0)
Av_Demand	(Headway(5) > Gap) AND (Headway(6) > Gap) AND (Occupancy(5) = 0) AND (Occupancy(6) = 0)





E.2 Betinget prioritering

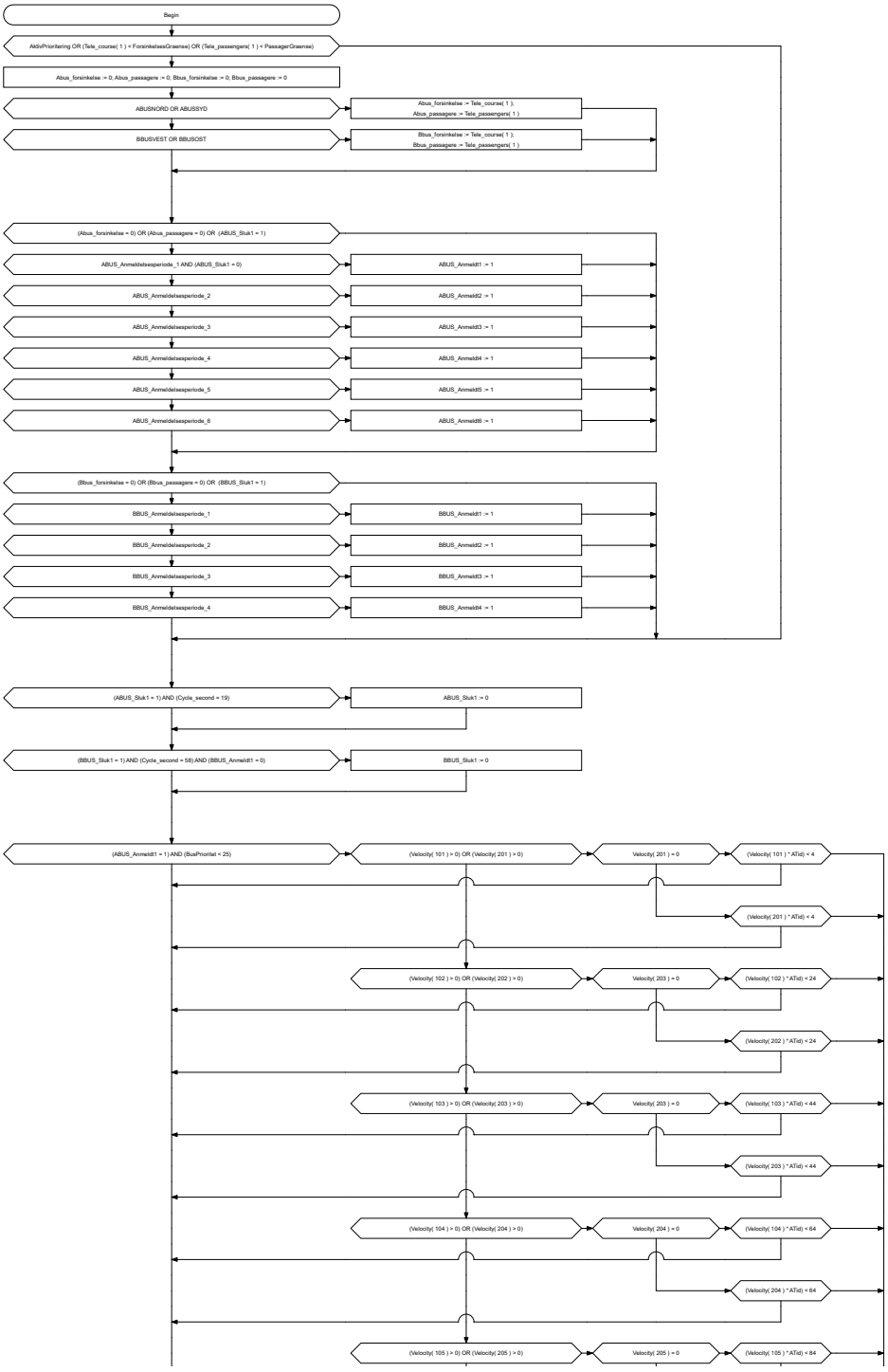
Tabel E.3 viser definerede værdier, mens tabel E.4 indeholder prædefinerede udtryk, der anvendes i VISVAP-filen. Logikken er illustreret nedenfor tabellerne.

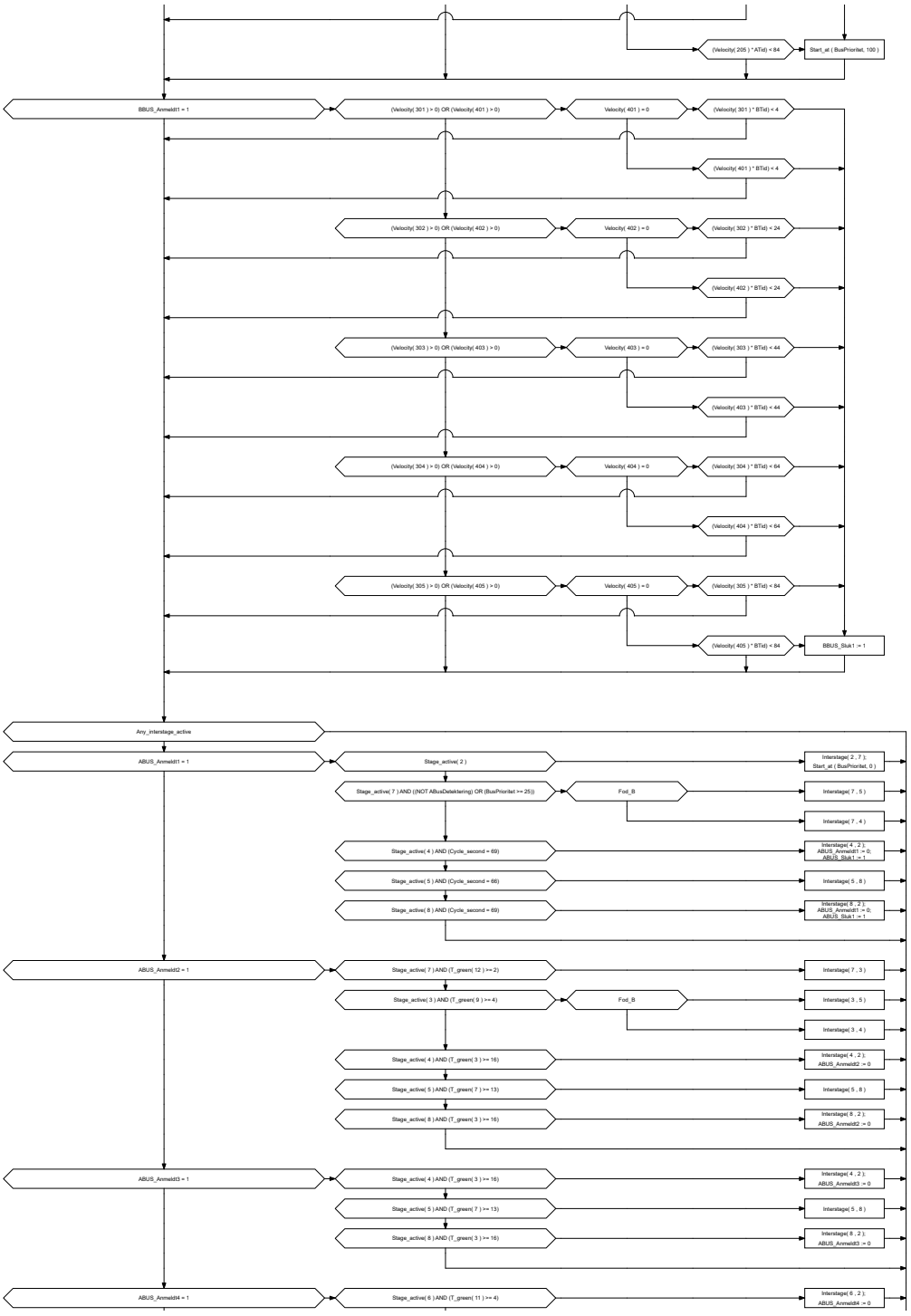
Tabel E.3. Parametre i signalstyring.

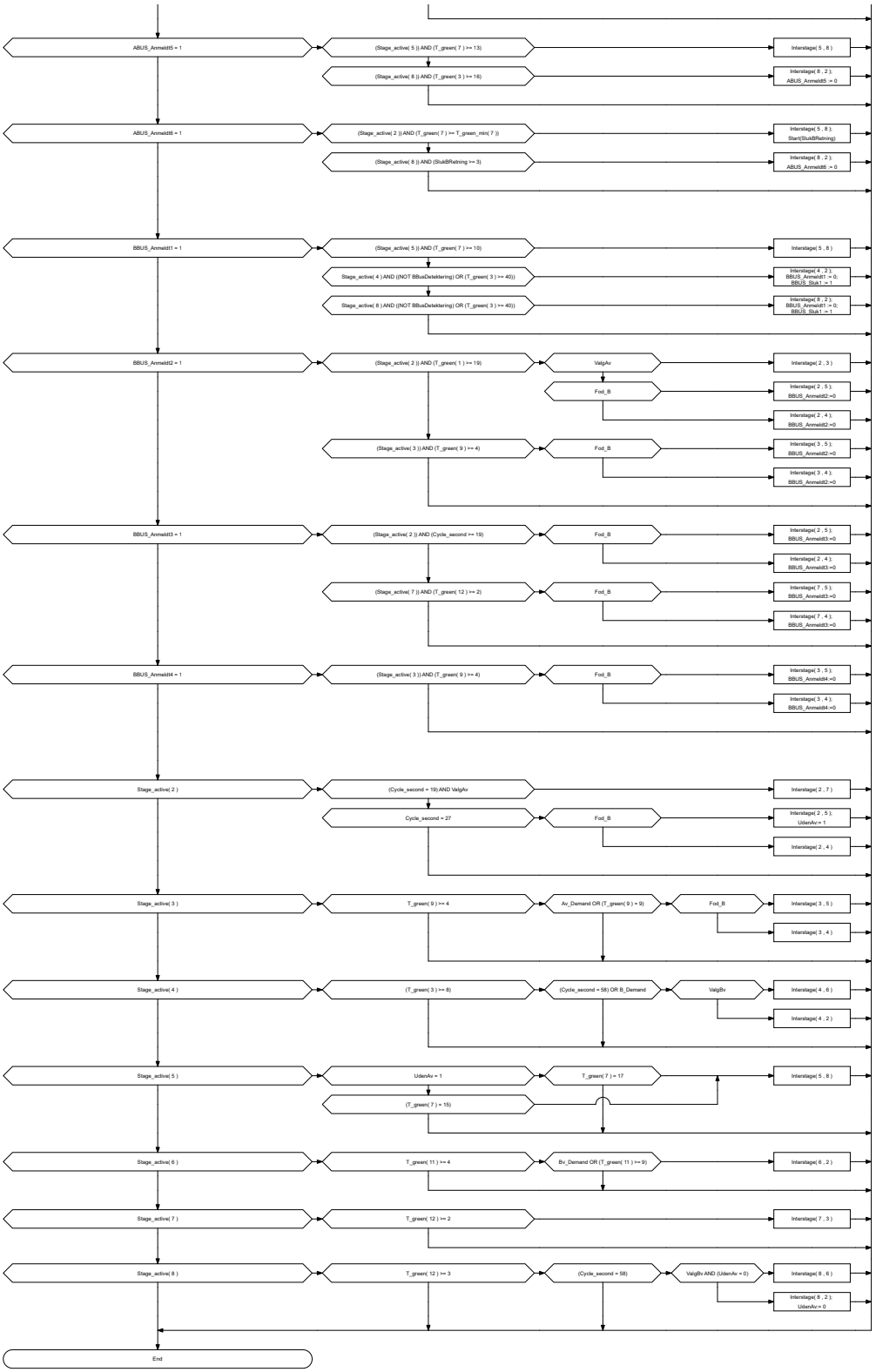
Parameter	Værdi
Gap	5
ForsinkelsesGraense	60
PassagerGraense	3

Tabel E.4. Logiske udtryk for signalstyring.

Udtryk	**Indhold**
ABUS_Anmeldelsesperiode_1	(Cycle_second = 19) AND Stage_active(2)
ABUS_Anmeldelsesperiode_2	((19 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 40)) AND ((Stage_active(3)) OR (Stage_active(7)) OR (Interstage_active(7 , 3)) OR (Interstage_active(3 , 4)) OR (Interstage_active(3 , 5)))
ABUS_Anmeldelsesperiode_3	((40 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 62)) AND ((Stage_active(4)) OR (Stage_active(5)) OR (Stage_active(8)))
ABUS_Anmeldelsesperiode_4	((62 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 75)) AND ((Stage_active(6)) OR (Interstage_active(8 , 6)))
ABUS_Anmeldelsesperiode_5	((27 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 49)) AND ((Stage_active(5)) OR (Interstage_active(2 , 5)))
ABUS_Anmeldelsesperiode_6	((49 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 53)) AND Stage_active(5)
ABusDetektering	(Occupancy(40) = 0) AND (Occupancy(41) = 0)
BBusDetektering	(Occupancy(42) = 0) AND (Occupancy(43) = 0)
Fod_B	Occupancy(32) > 0
AktivPrioritering	(ABUS_Anmeldt1 = 1) OR (ABUS_Anmeldt2 = 1) OR (ABUS_Anmeldt3 = 1) OR (ABUS_Anmeldt4 = 1) OR (ABUS_Anmeldt5 = 1) OR (ABUS_Anmeldt6 = 1) OR (BBUS_Anmeldt1 = 1) OR (BBUS_Anmeldt2 = 1) OR (BBUS_Anmeldt3 = 1) OR (BBUS_Anmeldt4 = 1)
ValgAv	(Occupancy(5) > 0) OR (Occupancy(6) > 0)
ValgBv	(Occupancy(16) > 0) OR (Occupancy(23) > 0) OR (Occupancy(13) > 0) OR (Occupancy(20) > 0)
B_Headway	(Headway(9) > Gap) AND (Headway(10) > Gap) AND (Headway(11) > Gap) AND (Headway(12) > Gap) AND (Headway(13) > Gap) AND (Headway(17) > Gap) AND (Headway(18) > Gap) AND (Headway(19) > Gap) AND (Headway(20) > Gap)
B_Occupancy	(Occupancy(14) = 0) AND (Occupancy(15) = 0) AND (Occupancy(16) = 0) AND (Occupancy(21) = 0) AND (Occupancy(22) = 0) AND (Occupancy(23) = 0)
B_Demand	B_Headway OR B_Occupancy
Bv_Demand	(Headway(16) > Gap) AND (Headway(23) > Gap) AND (Occupancy(16) = 0) AND (Occupancy(23) = 0)
Av_Demand	(Headway(5) > Gap) AND (Headway(6) > Gap) AND (Occupancy(5) = 0) AND (Occupancy(6) = 0)
ABUSNORD	(Occupancy(101) > 0) OR (Occupancy(102) > 0) OR (Occupancy(103) > 0) OR (Occupancy(104) > 0) OR (Occupancy(105) > 0)
ABUSSYD	(Occupancy(201) > 0) OR (Occupancy(202) > 0) OR (Occupancy(203) > 0) OR (Occupancy(204) > 0) OR (Occupancy(205) > 0)
BBUSOST	(Occupancy(301) > 0) OR (Occupancy(302) > 0) OR (Occupancy(303) > 0) OR (Occupancy(304) > 0) OR (Occupancy(305) > 0)
BBUSVEST	(Occupancy(401) > 0) OR (Occupancy(402) > 0) OR (Occupancy(403) > 0) OR (Occupancy(404) > 0) OR (Occupancy(405) > 0)
BBUS_Anmeldelsesperiode_1	(Stage_active(4) OR Stage_active(5)) AND (T_green(3) >= 18) AND (Cycle_second <= 54)
BBUS_Anmeldelsesperiode_2	(0 <= Cycle_second) AND (Cycle_second <= 19) AND Stage_active(2)
BBUS_Anmeldelsesperiode_3	(Cycle_second > 19) AND ((Stage_active(2) OR (Stage_active(7))))
BBUS_Anmeldelsesperiode_4	(Cycle_second > 19) AND Stage_active(3)
ATid	25 - BusPrioritet
BTid	40 - T_green(3)


Begin
AktivPrioritering OR (Tele_course(1) < ForsinkelseaGraense) OR (Tele_passengers(1) < PassagerGraense)
Abus_forsinkelse := 0; Abus_passagere := 0; Bbus_forsinkelse := 0; Bbus_passagere := 0
ABUSNORD OR ABUSSYD
Abus_forsinkelse := Tele_course(1);
Abus_passagere := Tele_passengers(1)
BBUSVEST OR BBUSOST
Bbus_forsinkelse := Tele_course(1);
Bbus_passagere := Tele_passengers(1)
(Abus_forsinkelse = 0) OR (Abus_passagere = 0) OR (ABUS_Sluk1 = 1)
ABUS_Anmeldelsesperiode_1 AND (ABUS_Sluk1 = 0)
ABUS_Anmeldt1 := 1
ABUS_Anmeldelsesperiode_2
ABUS_Anmeldt2 := 1
ABUS_Anmeldelsesperiode_3
ABUS_Anmeldt3 := 1
ABUS_Anmeldelsesperiode_4
ABUS_Anmeldt4 := 1
ABUS_Anmeldelsesperiode_5
ABUS_Anmeldt5 := 1
ABUS_Anmeldelsesperiode_6
ABUS_Anmeldt6 := 1
(Bbus_forsinkelse = 0) OR (Bbus_passagere = 0) OR (BBUS_Sluk1 = 1)
BBUS_Anmeldelsesperiode_1
BBUS_Anmeldt1 := 1
BBUS_Anmeldelsesperiode_2
BBUS_Anmeldt2 := 1
BBUS_Anmeldelsesperiode_3
BBUS_Anmeldt3 := 1
BBUS_Anmeldelsesperiode_4
BBUS_Anmeldt4 := 1
(ABUS_Sluk1 = 1) AND (Cycle_second = 19)
ABUS_Sluk1 := 0
(BBUS_Sluk1 = 1) AND (Cycle_second = 58) AND (BBUS_Anmeldt1 = 0)
BBUS_Sluk1 := 0
(ABUS_Anmeldt1 = 1) AND (BusPrioritet < 25)
(Velocity(101) > 0) OR (Velocity(201) > 0)
Velocity(201) = 0
(Velocity(101) * ATid) < 4
(Velocity(201) * ATid) < 4
(Velocity(102) > 0) OR (Velocity(202) > 0)
Velocity(203) = 0
(Velocity(102) * ATid) < 24
(Velocity(202) * ATid) < 24
(Velocity(103) > 0) OR (Velocity(203) > 0)
Velocity(203) = 0
(Velocity(103) * ATid) < 44
(Velocity(203) * ATid) < 44
(Velocity(104) > 0) OR (Velocity(204) > 0)
Velocity(204) = 0
(Velocity(104) * ATid) < 64
(Velocity(204) * ATid) < 64
(Velocity(105) > 0) OR (Velocity(205) > 0)
Velocity(205) = 0
(Velocity(105) * ATid) < 84


(Velocity(205) * ATid) < 84
Start_at (BusPrioritet, 100)
BBUS_Anmeldt1 = 1
(Velocity(301) > 0) OR (Velocity(401) > 0)
Velocity(401) = 0
(Velocity(301) * BTid) < 4
(Velocity(401) * BTid) < 4
(Velocity(302) > 0) OR (Velocity(402) > 0)
Velocity(402) = 0
(Velocity(302) * BTid) < 24
(Velocity(402) * BTid) < 24
(Velocity(303) > 0) OR (Velocity(403) > 0)
Velocity(403) = 0
(Velocity(303) * BTid) < 44
(Velocity(403) * BTid) < 44
(Velocity(304) > 0) OR (Velocity(404) > 0)
Velocity(404) = 0
(Velocity(304) * BTid) < 64
(Velocity(404) * BTid) < 64
(Velocity(305) > 0) OR (Velocity(405) > 0)
Velocity(405) = 0
(Velocity(305) * BTid) < 84
(Velocity(405) * BTid) < 84
BBUS_Stuk1 := 1
Any_interstage_active
ABUS_Anmeldt1 = 1
Stage_active(2)
Interstage(2 , 7):
Start_at (BusPrioritet, 0)
Stage_active(7) AND ((NOT ABusDeltekering) OR (BusPrioritet >= 25))
Fod_B
Interstage(7 , 5)
Interstage(7 , 4)
Stage_active(4) AND (Cycle_second = 69)
Interstage(4 , 2):
ABUS_Anmeldt1 := 0;
ABUS_Stuk1 := 1
Stage_active(5) AND (Cycle_second = 66)
Interstage(5 , 8)
Stage_active(8) AND (Cycle_second = 69)
Interstage(8 , 2):
ABUS_Anmeldt1 := 0;
ABUS_Stuk1 := 1
ABUS_Anmeldt2 = 1
Stage_active(7) AND (T_green(12) >= 2)
Interstage(7 , 3)
Stage_active(3) AND (T_green(9) >= 4)
Fod_B
Interstage(3 , 5)
Interstage(3 , 4)
Stage_active(4) AND (T_green(3) >= 16)
Interstage(4 , 2):
ABUS_Anmeldt2 := 0
Stage_active(5) AND (T_green(7) >= 13)
Interstage(5 , 8)
Stage_active(8) AND (T_green(3) >= 16)
Interstage(8 , 2):
ABUS_Anmeldt2 := 0
ABUS_Anmeldt3 = 1
Stage_active(4) AND (T_green(3) >= 16)
Interstage(4 , 2):
ABUS_Anmeldt3 := 0
Stage_active(5) AND (T_green(7) >= 13)
Interstage(5 , 8)
Stage_active(8) AND (T_green(3) >= 16)
Interstage(8 , 2):
ABUS_Anmeldt3 := 0
ABUS_Anmeldt4 = 1
Stage_active(6) AND (T_green(11) >= 4)
Interstage(6 , 2):
ABUS_Anmeldt4 := 0


ABUS_Anmeldt5 = 1
(Stage_active(5)) AND (T_green(7) >= 13)
Interstage(5 , 8)
(Stage_active(8)) AND (T_green(3) >= 16)
Interstage(8 , 2); ABUS_Anmeldt5 := 0
ABUS_Anmeldt6 = 1
(Stage_active(2)) AND (T_green(7) >= T_green_min(7))
Interstage(5 , 8); Start(StukBRetning)
(Stage_active(8)) AND (StukBRetning >= 3)
Interstage(8 , 2); ABUS_Anmeldt6 := 0
BBUS_Anmeldt1 = 1
(Stage_active(5)) AND (T_green(7) >= 10)
Interstage(5 , 8)
Stage_active(4) AND ((NOT BBusDetektering) OR (T_green(3) >= 40))
Interstage(4 , 2); BBUS_Anmeldt1 := 0; BBUS_Stuk1 := 1
Stage_active(8) AND ((NOT BBusDetektering) OR (T_green(3) >= 40))
Interstage(8 , 2); BBUS_Anmeldt1 := 0; BBUS_Stuk1 := 1
BBUS_Anmeldt2 = 1
(Stage_active(2)) AND (T_green(1) >= 19)
ValgAv
Interstage(2 , 3)
Fod_B
Interstage(2 , 5); BBUS_Anmeldt2 :=0
Interstage(2 , 4); BBUS_Anmeldt2 :=0
(Stage_active(3)) AND (T_green(9) >= 4)
Fod_B
Interstage(3 , 5); BBUS_Anmeldt2 :=0
Interstage(3 , 4); BBUS_Anmeldt2 :=0
BBUS_Anmeldt3 = 1
(Stage_active(2)) AND (Cycle_second >= 19)
Fod_B
Interstage(2 , 5); BBUS_Anmeldt3 :=0
Interstage(2 , 4); BBUS_Anmeldt3 :=0
(Stage_active(7)) AND (T_green(12) >= 2)
Fod_B
Interstage(7 , 5); BBUS_Anmeldt3 :=0
Interstage(7 , 4); BBUS_Anmeldt3 :=0
BBUS_Anmeldt4 = 1
(Stage_active(3)) AND (T_green(9) >= 4)
Fod_B
Interstage(3 , 5); BBUS_Anmeldt4 :=0
Interstage(3 , 4); BBUS_Anmeldt4 :=0
Stage_active(2)
(Cycle_second = 19) AND ValgAv
Interstage(2 , 7)
Cycle_second = 27
Fod_B
Interstage(2 , 5); UdenAv:= 1
Interstage(2 , 4)
Stage_active(3)
T_green(9) >= 4
Av_Demand OR (T_green(9) = 9)
Fod_B
Interstage(3 , 5)
Interstage(3 , 4)
Stage_active(4)
(T_green(3) >= 8)
(Cycle_second = 58) OR B_Demand
ValgBv
Interstage(4 , 6)
Interstage(4 , 2)
Stage_active(5)
UdenAv = 1
T_green(7) = 17
Interstage(5 , 8)
(T_green(7) = 15)
Stage_active(6)
T_green(11) >= 4
Bv_Demand OR (T_green(11) >= 9)
Interstage(6 , 2)
Stage_active(7)
T_green(12) >= 2
Interstage(7 , 3)
Stage_active(8)
T_green(12) >= 3
(Cycle_second = 58)
ValgBv AND (UdenAv = 0)
Interstage(8 , 6)
Interstage(8 , 2); UdenAv:= 0
End

F | Trafiktal

Dette bilag beskriver den trafik, der anvendes i simuleringen, som dækker tidsrummet fra klokken 6:30 til 19:00. Trafikdataene danner grundlag for modellering af køretøjer, cyklister, fodgængere og busser i krydset mellem Hobrovej og Ny Kærvej/Vestre Alle. En oversigt over krydset og navngivning af vejgrenene fremgår af figur F.1.

Figur F.1. Oversigt over kryds mellem Hobrovej og Ny Kærvej / Vestre Alle.

For hver vejgren er der opstillet tabeller med oplysninger om antal køretøjer, antal cyklister, retningsfordeling af trafikken, kølængder og rejsetider. Disse data suppleres med beskrivelser af fodgænger- og busbevægelser, som indgår i den samlede trafikmodel. Datagrundlaget er baseret på resultater fra TomTom MOVE Junction Analytics, en krydstælling foretaget i 2017 samt nyere observationer og manuelle tællinger i krydset.

Fodgængere indgår i simuleringen på en måde, så der ved næsten hver signalfase er fodgængere, som skal have grønt, hvilket svarer til de faktiske forhold observeret i krydset. Lastbilandelen i trafikken er fastsat til 1,5 %.

Hvad angår busser, er der i simuleringen indarbejdet oplysninger om deres forventede ankomsttidspunkt, typisk forsinkelse samt gennemsnitligt passagertal. Disse parametre er fastlagt ud fra data indsamlet på hverdage i efteråret 2024. Passagertallene er behæftet med en vis usikkerhed, men giver stadig et brugbart estimat for, om en given bus har passagere eller er tom.

Tabel F.1. Hobrovej Nordgående.

Tid	Venstre	Lige	Højre
6:30-7:00	7 %	83 %	9 %
7:00-7:30	6 %	81 %	13 %
7:30-8:00	7 %	78 %	15 %
8:00-8:30	5 %	75 %	20 %
8:30-9:00	10 %	71 %	19 %
9:00-9:30	9 %	77 %	14 %
9:30-10:00	5 %	82 %	13 %
10:00-10:30	6 %	80 %	14 %
10:30-11:00	6 %	79 %	15 %
11:00-11:30	7 %	78 %	15 %
11:30-12:00	6 %	77 %	17 %
12:00-12:30	5 %	80 %	15 %
12:30-13:00	7 %	79 %	14 %
13:00-13:30	5 %	81 %	14 %
13:30-14:00	8 %	80 %	12 %
14:00-14:30	6 %	79 %	15 %
14:30-15:00	7 %	79 %	14 %
15:00-15:30	8 %	78 %	14 %
15:30-16:00	8 %	74 %	18 %
16:00-16:30	10 %	72 %	18 %
16:30-17:00	8 %	77 %	15 %
17:00-17:30	9 %	77 %	14 %
17:30-18:00	10 %	78 %	12 %
18:00-18:30	8 %	83 %	9 %
18:30-19:00	8 %	80 %	12 %

Tabel F.2. Hobrovej Sydgående.

Tid	Venstre	Lige	Højre
6:30-7:00	8 %	87 %	5 %
7:00-7:30	11 %	84 %	5 %
7:30-8:00	13 %	80 %	7 %
8:00-8:30	16 %	72 %	12 %
8:30-9:00	19 %	66 %	15 %
9:00-9:30	14 %	74 %	12 %
9:30-10:00	13 %	77 %	10 %
10:00-10:30	13 %	77 %	10 %
10:30-11:00	12 %	78 %	10 %
11:00-11:30	13 %	77 %	10 %
11:30-12:00	15 %	78 %	7 %
12:00-12:30	12 %	79 %	9 %
12:30-13:00	12 %	79 %	9 %
13:00-13:30	13 %	77 %	10 %
13:30-14:00	13 %	77 %	10 %
14:00-14:30	13 %	75 %	12 %
14:30-15:00	12 %	79 %	9 %
15:00-15:30	15 %	75 %	10 %
15:30-16:00	18 %	74 %	8 %
16:00-16:30	20 %	71 %	9 %
16:30-17:00	15 %	74 %	11 %
17:00-17:30	12 %	76 %	12 %
17:30-18:00	12 %	79 %	9 %
18:00-18:30	11 %	78 %	11 %
18:30-19:00	12 %	76 %	12 %

Tabel F.3. Ny Kærvej.

Tid	Venstre	Lige	Højre
6:30-7:00	29 %	31 %	40 %
7:00-7:30	16 %	32 %	52 %
7:30-8:00	16 %	32 %	52 %
8:00-8:30	19 %	39 %	43 %
8:30-9:00	29 %	36 %	35 %
9:00-9:30	25 %	39 %	36 %
9:30-10:00	24 %	37 %	39 %
10:00-10:30	27 %	38 %	35 %
10:30-11:00	28 %	41 %	31 %
11:00-11:30	29 %	40 %	31 %
11:30-12:00	36 %	37 %	27 %
12:00-12:30	35 %	39 %	27 %
12:30-13:00	31 %	38 %	31 %
13:00-13:30	28 %	36 %	36 %
13:30-14:00	25 %	45 %	29 %
14:00-14:30	29 %	43 %	28 %
14:30-15:00	36 %	43 %	21 %
15:00-15:30	28 %	43 %	29 %
15:30-16:00	33 %	45 %	21 %
16:00-16:30	29 %	47 %	24 %
16:30-17:00	30 %	49 %	21 %
17:00-17:30	31 %	47 %	21 %
17:30-18:00	25 %	55 %	20 %
18:00-18:30	26 %	51 %	23 %
18:30-19:00	27 %	52 %	21 %

Tabel F.4. Vestre Alle.

Tid	Venstre	Lige	Højre
6:30-7:00	29 %	40 %	31 %
7:00-7:30	25 %	50 %	25 %
7:30-8:00	28 %	52 %	20 %
8:00-8:30	33 %	52 %	15 %
8:30-9:00	30 %	53 %	17 %
9:00-9:30	28 %	53 %	19 %
9:30-10:00	36 %	46 %	18 %
10:00-10:30	34 %	45 %	22 %
10:30-11:00	26 %	53 %	21 %
11:00-11:30	32 %	47 %	21 %
11:30-12:00	35 %	47 %	19 %
12:00-12:30	28 %	51 %	20 %
12:30-13:00	30 %	47 %	23 %
13:00-13:30	28 %	52 %	19 %
13:30-14:00	28 %	53 %	19 %
14:00-14:30	31 %	46 %	23 %
14:30-15:00	29 %	50 %	21 %
15:00-15:30	28 %	52 %	20 %
15:30-16:00	23 %	55 %	22 %
16:00-16:30	27 %	51 %	22 %
16:30-17:00	32 %	50 %	18 %
17:00-17:30	33 %	45 %	22 %
17:30-18:00	30 %	48 %	22 %
18:00-18:30	28 %	53 %	19 %
18:30-19:00	30 %	46 %	24 %

Tabel F.5. Hobrovej Nordgående.

Tid	Køretøjer	Cykler
6:30–6:45	578	37
6:45–7:00	831	53
7:00–7:15	911	58
7:15–7:30	1296	83
7:30–7:45	1562	100
7:45–8:00	1502	96
8:00–8:15	1310	84
8:15–8:30	1107	71
8:30–8:45	910	58
8:45–9:00	851	54
9:00–9:15	750	48
9:15–9:30	750	48
9:30–9:45	798	60
9:45–10:00	766	60
10:00–10:15	678	60
10:15–10:30	716	60
10:30–10:45	728	60
10:45–11:00	819	60
11:00–11:15	775	60
11:15–11:30	709	60
11:30–11:45	725	60
11:45–12:00	758	60
12:00–12:15	780	83
12:15–12:30	783	83
12:30–12:45	800	86
12:45–13:00	885	78
13:00–13:15	854	74
13:15–13:30	841	85
13:30–13:45	860	79
13:45–14:00	909	100
14:00–14:15	849	99
14:15–14:30	844	103
14:30–14:45	959	102
14:45–15:00	956	109
15:00–15:15	1003	114
15:15–15:30	1038	129
15:30–15:45	1029	137
15:45–16:00	1192	360
16:00–16:15	1171	117
16:15–16:30	1352	126
16:30–16:45	1496	112
16:45–17:00	1241	111
17:00–17:15	1133	98
17:15–17:30	1075	90
17:30–17:45	972	92
17:45–18:00	1071	95
18:00–18:15	951	89
18:15–18:30	1021	85
18:30–18:45	1009	71
18:45–19:00	913	71

Tabel F.6. Hobrovej Sydgående.

Tid	Køretøjer	Cykler
6:30–6:45	533	37
6:45–7:00	683	53
7:00–7:15	627	58
7:15–7:30	876	83
7:30–7:45	1062	100
7:45–8:00	1176	96
8:00–8:15	1156	84
8:15–8:30	882	71
8:30–8:45	802	58
8:45–9:00	781	54
9:00–9:15	639	48
9:15–9:30	592	48
9:30–9:45	660	60
9:45–10:00	823	60
10:00–10:15	758	60
10:15–10:30	719	60
10:30–10:45	760	60
10:45–11:00	773	60
11:00–11:15	886	60
11:15–11:30	788	60
11:30–11:45	795	60
11:45–12:00	820	60
12:00–12:15	916	83
12:15–12:30	918	83
12:30–12:45	957	86
12:45–13:00	865	78
13:00–13:15	825	74
13:15–13:30	938	85
13:30–13:45	877	79
13:45–14:00	1105	100
14:00–14:15	1096	99
14:15–14:30	1145	103
14:30–14:45	1136	102
14:45–15:00	1204	109
15:00–15:15	1267	114
15:15–15:30	1427	129
15:30–15:45	1523	137
15:45–16:00	1538	360
16:00–16:15	1301	117
16:15–16:30	1399	126
16:30–16:45	1243	112
16:45–17:00	1229	111
17:00–17:15	1082	98
17:15–17:30	998	90
17:30–17:45	1021	92
17:45–18:00	1057	95
18:00–18:15	982	89
18:15–18:30	940	85
18:30–18:45	783	71
18:45–19:00	784	71

Tabel F.7. Ny Kærvej.

Tid	Køretøjer	Cykler
6:30–6:45	162	23
6:45–7:00	239	33
7:00–7:15	273	36
7:15–7:30	366	52
7:30–7:45	470	62
7:45–8:00	644	60
8:00–8:15	664	52
8:15–8:30	480	44
8:30–8:45	359	36
8:45–9:00	342	34
9:00–9:15	270	30
9:15–9:30	236	30
9:30–9:45	229	37
9:45–10:00	237	37
10:00–10:15	259	37
10:15–10:30	252	37
10:30–10:45	241	37
10:45–11:00	281	37
11:00–11:15	250	37
11:15–11:30	226	37
11:30–11:45	250	37
11:45–12:00	259	37
12:00–12:15	247	41
12:15–12:30	319	41
12:30–12:45	344	43

Tid	Køretøjer	Cykler
12:45–13:00	291	39
13:00–13:15	306	37
13:15–13:30	251	42
13:30–13:45	329	40
13:45–14:00	337	50
14:00–14:15	293	49
14:15–14:30	350	52
14:30–14:45	341	51
14:45–15:00	404	54
15:00–15:15	402	57
15:15–15:30	413	64
15:30–15:45	496	69
15:45–16:00	531	180
16:00–16:15	549	59
16:15–16:30	629	63
16:30–16:45	586	56
16:45–17:00	507	55
17:00–17:15	473	49
17:15–17:30	413	45
17:30–17:45	399	46
17:45–18:00	356	48
18:00–18:15	302	44
18:15–18:30	280	42
18:30–18:45	288	35
18:45–19:00	238	35

Tabel F.8. Vestre Alle.

Tid	Køretøjer	Cykler
6:30–6:45	109	23
6:45–7:00	224	33
7:00–7:15	227	36
7:15–7:30	332	52
7:30–7:45	403	62
7:45–8:00	566	60
8:00–8:15	457	52
8:15–8:30	336	44
8:30–8:45	272	36
8:45–9:00	252	34
9:00–9:15	184	30
9:15–9:30	157	30
9:30–9:45	171	37
9:45–10:00	189	37
10:00–10:15	198	37
10:15–10:30	182	37
10:30–10:45	158	37
10:45–11:00	201	37
11:00–11:15	191	37
11:15–11:30	166	37
11:30–11:45	173	37
11:45–12:00	167	37
12:00–12:15	234	41
12:15–12:30	240	41
12:30–12:45	195	43
12:45–13:00	185	39
13:00–13:15	192	37
13:15–13:30	209	42
13:30–13:45	276	40
13:45–14:00	256	50
14:00–14:15	274	49
14:15–14:30	254	52
14:30–14:45	255	51
14:45–15:00	285	54
15:00–15:15	287	57
15:15–15:30	443	64
15:30–15:45	536	69
15:45–16:00	454	180
16:00–16:15	390	59
16:15–16:30	439	63
16:30–16:45	391	56
16:45–17:00	324	55
17:00–17:15	336	49
17:15–17:30	278	45
17:30–17:45	290	46
17:45–18:00	278	48
18:00–18:15	250	44
18:15–18:30	218	42
18:30–18:45	219	35
18:45–19:00	188	35

Tabel F.9. Buslinje 1 – Nordlig retning.

Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]
07:01	27	12
07:12	111	23
07:22	95	30
07:46	346	48
07:55	254	18
08:02	106	9
08:16	321	21
08:32	102	6
08:43	170	16
08:52	110	5
09:03	160	5
09:25	244	8
09:34	214	7
09:44	211	16
09:54	232	6
10:03	158	5
10:13	146	11
10:24	210	10
10:43	135	9
11:14	215	12
11:24	183	12
11:34	210	9
11:44	214	14
11:53	161	18
12:04	218	11
12:13	130	11
12:25	244	18
12:34	232	12
12:43	166	11
12:53	139	17
13:04	209	11
13:13	139	11
13:23	140	20
13:32	97	12
13:42	107	15
13:54	218	28
14:02	72	11
14:12	111	15
14:23	145	22
14:32	72	12
14:44	208	23
15:02	70	10
15:13	129	17
15:25	283	31
15:35	251	16
15:44	199	22
15:54	197	19
16:02	111	10
16:13	169	25
16:24	185	19
16:44	210	19
16:55	281	14
17:02	62	12
17:32	83	13
18:01	38	11
18:22	116	9
18:25	272	10
18:38	187	8
18:55	296	15

Tabel F.10. Buslinje 1 – Sydlig retning.

Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]
06:40	163	16
07:14	76	16
07:24	100	31
07:53	629	27
08:05	741	23
08:24	686	25
08:29	364	13
08:37	81	8
08:45	133	12
08:56	203	8
09:13	51	15
09:26	185	13
09:44	111	17
09:44	87	4
09:56	195	15
10:14	92	10
10:24	89	9
10:44	99	12
10:54	63	13
10:56	67	4
11:14	117	13
11:24	98	14
11:54	70	18
11:56	65	5
12:16	180	14
12:25	125	18
12:44	83	13
12:54	63	18
12:56	84	5
13:14	74	13
13:25	136	21
13:43	52	13
13:54	102	34
14:14	72	21
14:25	135	37
14:44	100	17
14:54	110	33
15:07	273	13
15:15	175	22
15:27	274	43
15:41	82	15
15:46	202	19
15:56	195	26
16:11	87	9
16:14	95	13
16:30	458	24
16:46	211	13
17:16	183	10
17:26	238	15
17:44	75	7
17:54	97	10
18:14	61	6
18:24	85	8

Tabel F.11. Buslinje 11 og 14 – Nordlig retning.

Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]
06:51	44	6
06:57	40	5
07:07	65	11
07:22	80	14
07:27	52	14
07:38	153	25
07:53	168	16
08:08	132	11
08:22	71	7
08:27	33	6
08:37	61	11
08:58	31	8
09:07	73	12
09:28	51	10
09:37	86	14
09:58	53	10
10:07	84	11
10:28	47	9
10:37	69	9
10:58	41	7
11:07	85	10
11:28	40	9
11:37	66	12
11:58	50	16
12:07	94	17
12:28	50	10
12:37	84	13
12:58	42	8
13:28	45	11
13:37	102	18
13:58	60	30
14:07	93	20
14:27	42	10
14:37	84	10
14:52	63	11
14:57	51	9
15:08	147	16
15:23	139	17
15:28	65	29
15:38	179	21
15:52	90	16
15:58	63	9
16:24	192	16
16:51	51	6
17:21	24	5
17:51	8	3
17:57	25	2
18:20	23	5
18:37	110	6
18:50	42	2

Tabel F.12. Buslinje 11 og 14 – Sydlig retning.

Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]
06:38	92	11
07:04	126	6
07:18	46	15
07:33	52	31
07:34	92	29
08:05	155	31
08:09	381	54
08:20	137	49
08:33	43	11
08:34	83	24
09:03	53	23
09:33	30	21
09:34	63	19
10:03	53	20
10:04	61	10
10:33	28	14
10:34	68	10
11:03	19	11
11:04	62	10
11:33	51	14
11:33	42	16
12:03	57	13
12:03	25	17
12:33	41	16
12:34	62	17
13:03	51	14
13:03	32	15
13:33	51	19
13:33	36	15
14:03	54	18
14:03	48	25
14:33	46	20
14:33	58	24
14:48	42	18
15:03	46	15
15:18	55	17
15:34	69	18
15:35	142	26
15:49	74	16
16:04	76	14
16:04	116	18
16:18	33	12
16:33	53	16
16:48	27	12
17:04	60	11
17:18	21	8
17:33	22	13
17:48	43	7
18:03	21	8
18:04	66	7
18:18	15	5
18:33	21	9

Tabel F.13. Buslinje 16 – Nordlig retning.

Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]
06:51	54	3
07:23	129	15
07:55	292	14
08:23	132	7
08:54	196	5
09:22	95	8
09:53	123	8
10:22	94	7
10:52	85	8
11:23	126	8
11:54	180	12
12:23	170	9
12:53	168	8
13:23	152	20
13:53	177	11
14:24	198	9
14:54	219	11
15:26	305	9
15:55	263	8
16:54	206	6
18:52	83	4

Tabel F.14. Buslinje 16 – Sydlig retning.

Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]	Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]
06:38	115	4	12:35	218	23
07:04	157	9	13:04	168	11
07:36	257	31	13:35	193	13
08:11	547	21	14:06	245	17
08:35	218	9	14:36	288	19
09:04	147	10	15:06	270	16
09:33	109	8	16:07	351	12
10:04	150	7	16:37	356	12
10:34	141	8	17:05	226	8
11:05	180	9	17:34	174	7
11:35	207	12	18:04	120	4
12:04	169	13	18:34	84	4

Tabel F.15. Regionale busser – Nordlig retning.

Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]	Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]
06:51	66	2	12:39	403	1
07:11	520	5	13:28	84	6
07:14	217	20	13:35	398	6
07:15	222	29	13:40	195	0
07:37	671	22	14:15	110	4
07:43	371	21	14:28	77	5
07:55	175	20	14:43	364	1
07:56	624	6	14:49	21	8
08:15	574	0	15:11	296	0
08:26	464	25	15:17	225	5
08:28	119	10	15:30	202	11
08:42	407	0	15:47	656	0
09:13	658	5	15:53	280	26
09:30	195	22	15:53	292	12
09:31	122	9	16:17	235	9
10:29	160	11	16:29	722	6
10:32	212	8	16:29	169	10
10:39	375	3	16:54	464	0
11:28	90	8	17:58	77	2
11:32	194	6	18:01	124	6
11:39	394	1	18:09	374	0
12:28	101	7	18:28	72	3
12:35	391	5	18:37	259	0

Tabel F.16. Regionale busser – Sydlig retning.

Ankomst	Forsinkelse [s]	Passagere [n]
06:41	67	8
06:42	154	2
07:03	186	0
07:04	91	18
07:34	92	6
07:41	95	8
07:53	213	0
08:04	71	5
08:22	70	3
08:54	265	0
09:04	79	4
09:21	32	4
09:52	148	0
10:21	33	5
10:34	87	5
10:52	144	0
11:21	47	10
11:34	70	7
11:52	126	0
12:21	38	16
12:33	55	9
12:52	139	0
13:21	47	13
13:34	83	12
13:52	123	1
14:04	106	6
14:21	48	28
14:34	83	13
14:52	104	15
14:56	368	1
15:04	108	7
15:32	162	2
15:34	72	12
15:52	76	13
16:02	171	1
16:09	86	7
16:34	115	7
16:51	48	5
17:09	73	4
17:22	138	0
17:51	118	1
18:21	41	6
18:48	44	2

G | Simulerings resultater

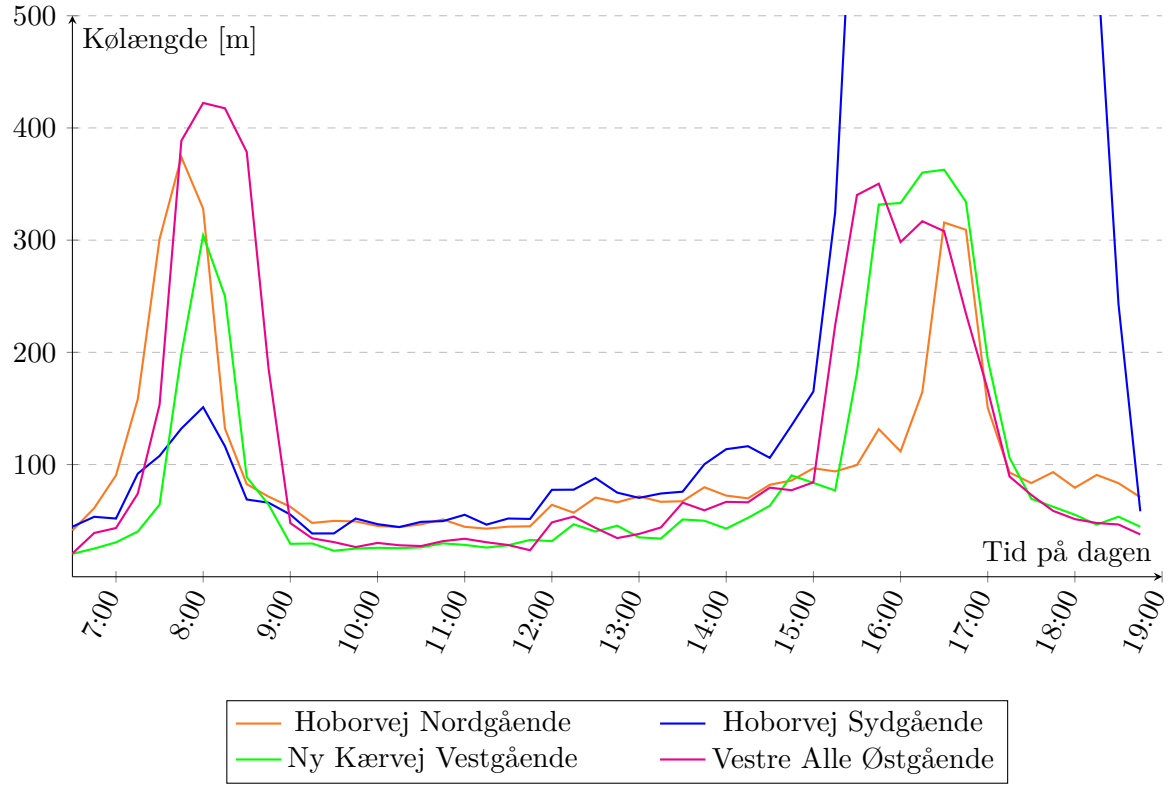
Tabeller over resultater fra simuleringerne.

Figur G.1. Navngivningen af indfaldsveje til krydset.

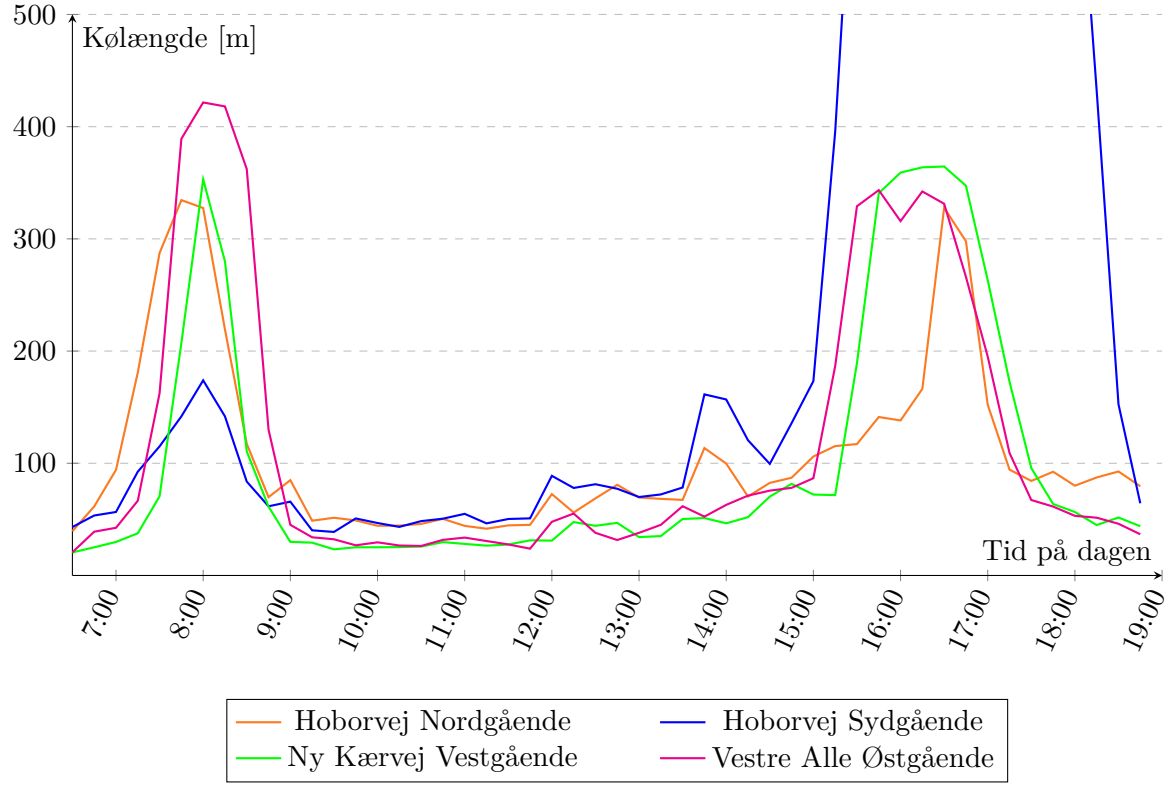
Figuroversigt:

Figur G.2	Kølængder basis
Figur G.3	Kølængder betinget
Figur G.4	Ændring i kølængder
Figur G.5	Forsinkelse basis
Figur G.6	Forsinkelse betinget
Figur G.7	Ændring i forsinkelse

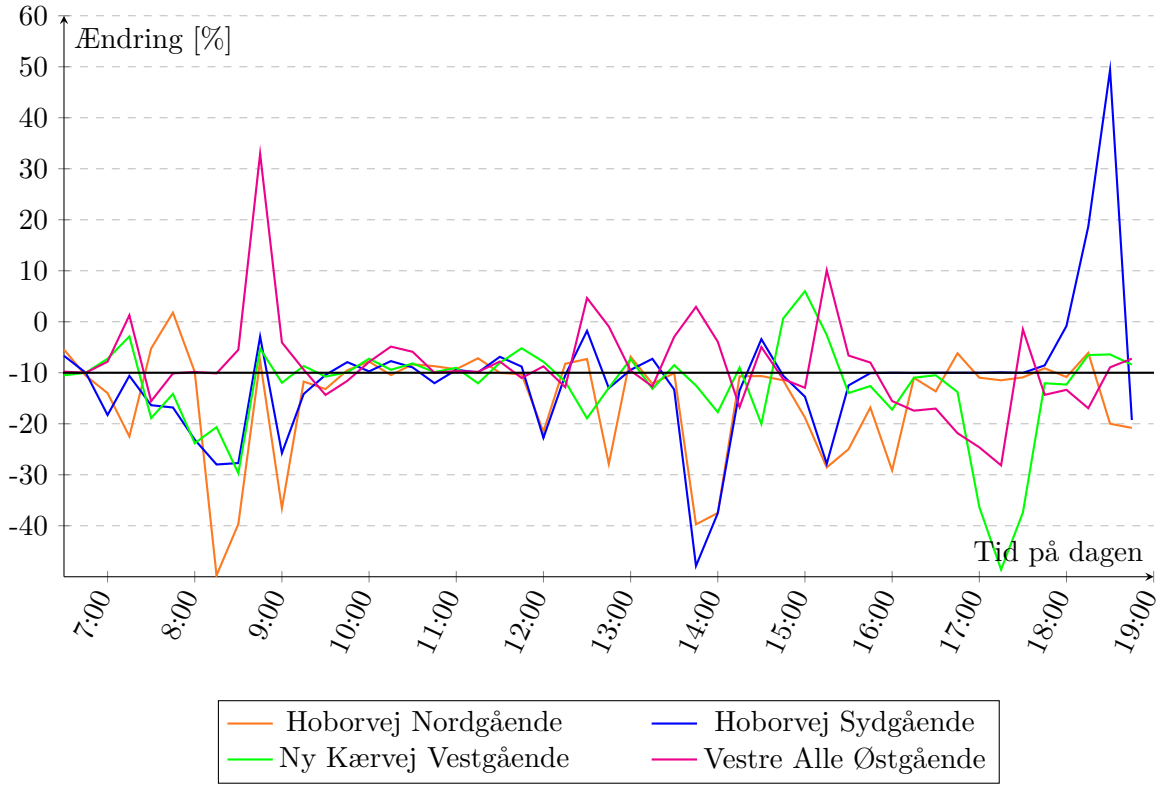
Figur G.2. Kølængder basis.



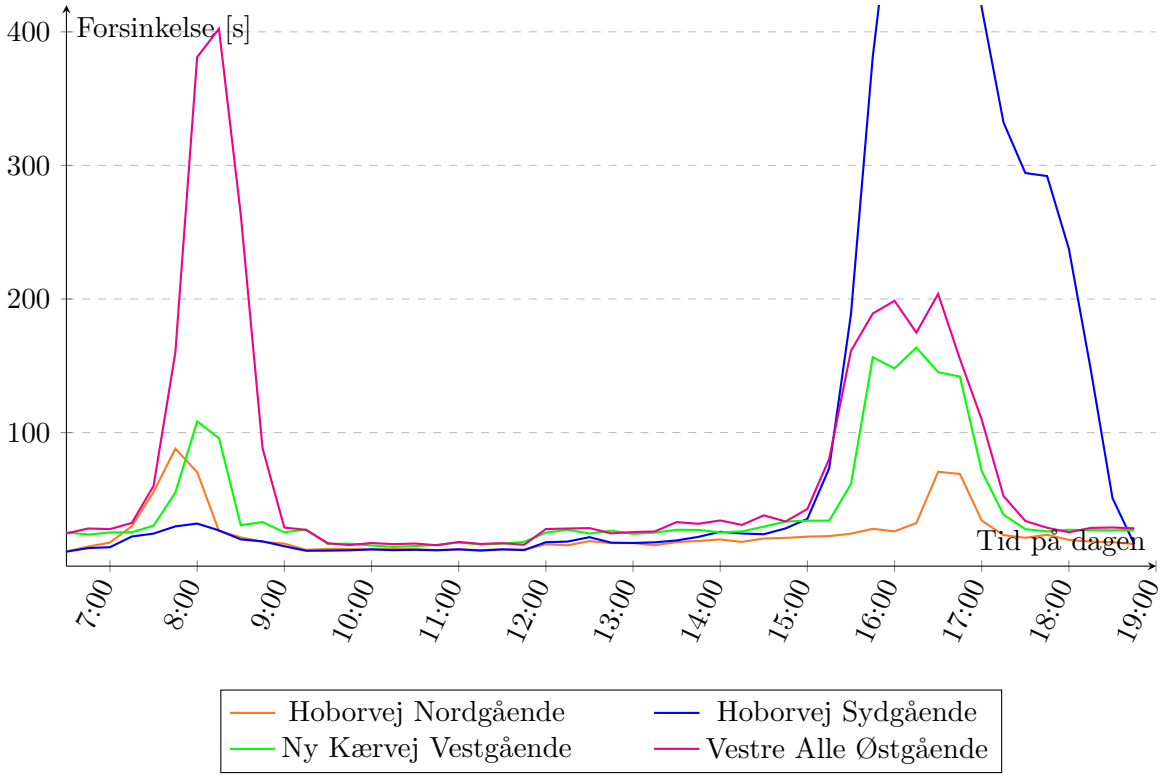
Figur G.3. Kølængder betinget.



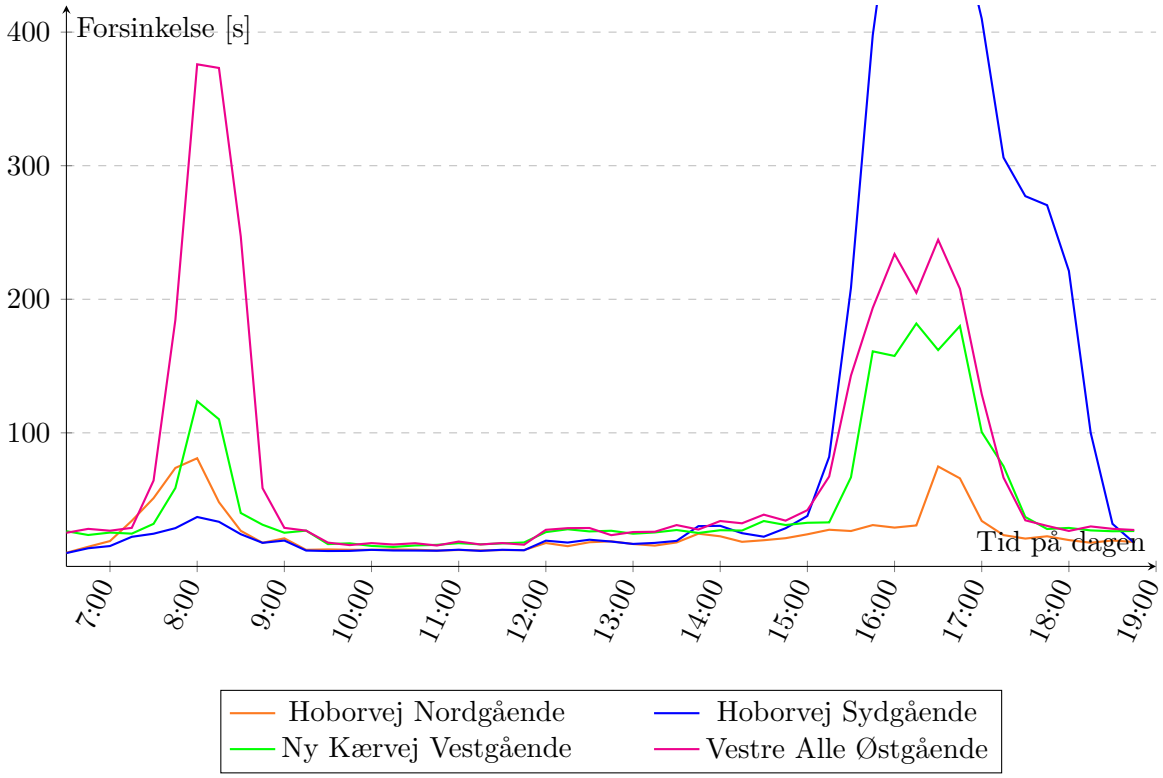
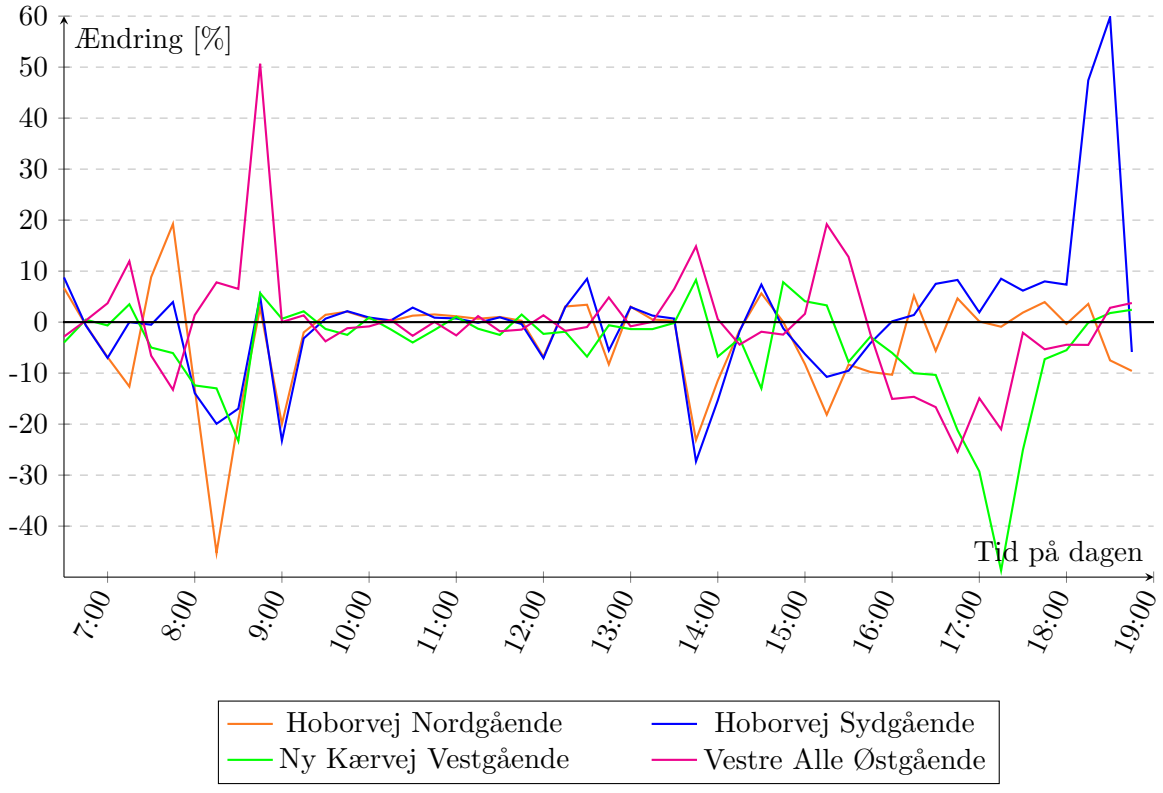
Figur G.4. Ændring i kølængder.



Figur G.5. Forsinkelse basis.



Figur G.6. Forsinkelse betinget.



Figur G.7. Ændring i forsinkelse.