



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Adaptiv signalstyring i Aalborg – effekt på trafikafviklingen

Agerholm, Niels

Published in:
Trafik & Veje

Publication date:
2013

Document Version
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Agerholm, N. (2013). Adaptiv signalstyring i Aalborg – effekt på trafikafviklingen. *Trafik & Veje*, 90(4), 63-65.
<http://asp.vejt看id.dk/artikel.asp?stiknr=2540&page=1#>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Adaptiv signalstyring i Aalborg

– effekt på trafikafviklingen

På ring 2, Østre Alle i Aalborg er der etableret adaptiv signalstyring i 2011. Effekten er målt ved hjælp af GPS-data fra kørende biler. Hovedresultaterne er, at transporttiden i eftermiddagsmyldretiden reduceres med 17%, mens effekten i morgenmyldretiden og midt på dagen er mere blandet.



Niels Agerholm,
Adjunkt, Ph.d., Civilingeniør,
Trafikforskningsgruppen,
Aalborg Universitet
agerholm@plan.aau.dk

Baggrund

Trængsel er et stigende problem i de fleste større byer, og EU har beregnet, at trængslen koster mere end 1% af vores BNP [1]. Det er i mange tilfælde umuligt at udbygge vejnettet for at mindske trængslen. Andre løsninger bør anvendes, og en af disse løsninger er Intelligente Transportsystemer (ITS), der kan anvendes som supplement til at reducere trængsel, forurening og forbedre trafikikkerheden [2,3].

Adaptiv Signalstyring er et af de ITS, der kan reducere trængsel. Det er en trafikledelsesstrategi, hvor trafiksignaler på et vejnetværk interagerer med andre trafiksignaler og tager hensyn til trafikmængderne på de for-

skellige kørebaner på vejnettet [4,5]. Adaptiv Signalstyring er blevet installeret i mange større byer i de seneste årtier.

Effekten har været varierende, og ikke alle steder har der kunnet påvises en positiv effekt på trafikafviklingen [4,7]. Specielt har det knebet med positive effekter fra Adaptiv Signalstyring i Norden. I Oslo resulterede et system i reduceret rejsetid for privatbiler, mens bussernes rejsetid steg [8]. Andre forsøg er ikke afrapporterede. En af hovedpointerne ved mange undersøgelser er desuden, at der ligger en meget stor potentiel effekt af at sikre et højt vedligeholdelsesniveau af spoler, styringssystemer og kommunikationen mellem disse, trods fortsat anvendelse af et ældre system, der ikke er adaptivt.

Adaptiv Signalstyring i Aalborg

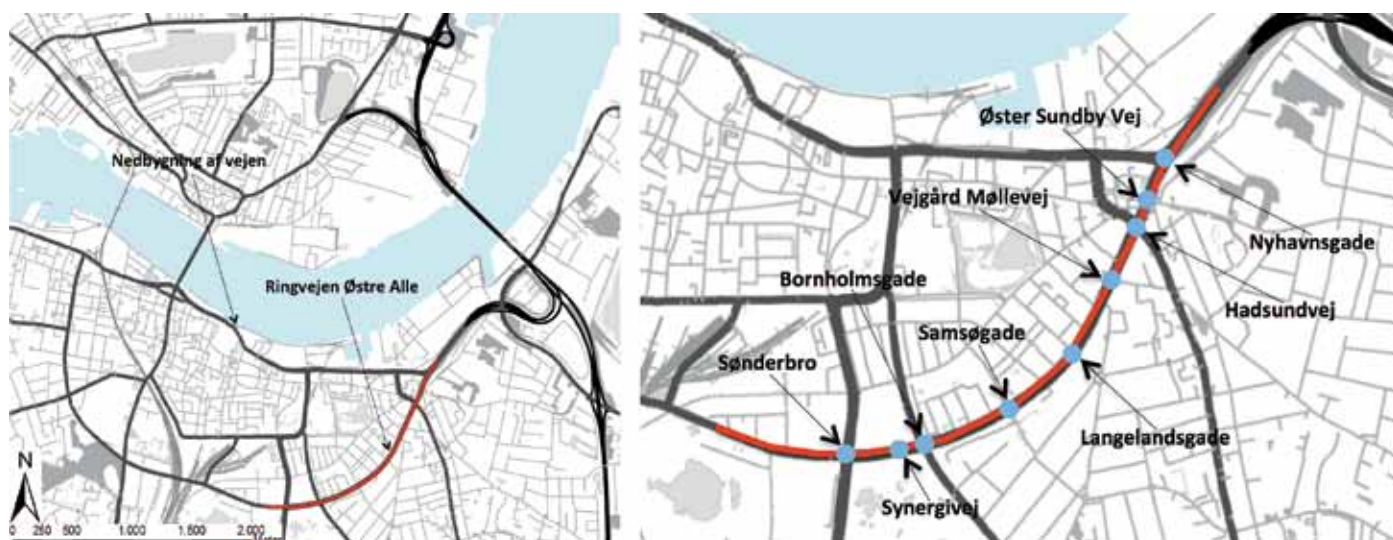
I Aalborg er trængslen også voksende på grund af stigende bilejerskab og -kørsel [9]. Endvidere omdannes de tidligere industriarealer på Aalborg Havn til rekreative arealer i disse år. Det har medført et ønske om at få midtby og de omdannede havnearealer til at hænge bedre sammen. Denne åbning af Aalborg Bymidte ned mod de centrale havnearealer har nødvendiggjort nedbygning af den firesporede trafikvej Strandvejen/Slots-

pladsen/ Nyhavnsgade, der adskilte bymidten og havnen.

Sammen med den generelt voksende trafik medførte den reducerede kapacitet ved Limfjorden, at en del trafik flyttede ud på ringvejen rundt om Aalborg Midtby, Østre Alle, hvor trængslen voksede. Derfor blev det besluttet at etablere Adaptiv Signalstyring til at forbedre trafikafviklingen på den mest trafikerede del af ringvejen – den østlige. Østre Alle er en 4-sporet vejstrækning med cykelstier i begge retninger. Årsdøgntrafikken er på godt 20.000 på den centrale del, hvor trafikken er højest.

Den Adaptive Signalstyring af typen UTOPIA/SPOT blev installeret på en 1,7 km strækning med 8 signalanlæg, hvoraf ét er et dobbeltanlæg. Desuden krydses strækningen af 6 busruter og et stort antal cyklister, mens antallet af busser på strækningen er lavt.

Aalborg Kommune deltog indtil 2012 i EU-projektet, CIVITAS-ARCHIMEDES, der havde til formål at fremme bæredygtig transport [10]. Etableringen af SPOT indgik som ét af flere delprojekter, der skal bidrage til mindre trængsel. For en nærmere beskrivelse af systemets opbygning, virkemåde og vedligeholdelse henvises til



Figur 1. Tv.: Placeringen af Østre Alle og den nedbyggede vej. Th.: Krydsene, der indgår i systemet med Adaptiv Signalstyring. Synergivej/Bornholmegade er dobbeltanlægget.

[11,12]. Oversigt over placeringen af den omdannede havnefront og ringvejen Østre Alle fremgår af figur 1 th., mens de enkelte kryds på strækningen fremgår af figur 1 tv.

Data & Metode

For at undersøge effekten af at etablere SPOT på Østre Alle på en rimelig måde er det vigtigt, at der sammenlignes med et opdateret signalprogram uden defekte spoler og styringssystemer, som virker så godt som muligt. I forbindelse med etableringen af SPOT blev det gamle system opdateret, og fejl og mangler blev rettet. Det var vitalt af hensyn til SPOT, der er meget afhængig af korrekte data ind i systemet, men også fordi den gamle samordning af signalprogrammer blev fastholdt som tilbagefaldsprogram, hvis SPOT var ude af drift [13].

Effekten af SPOT blev undersøgt med en med/udenundersøgelse. Grundlæggende omkring udenundersøgelsen blev rejsetid og hastighed registreret efter, at SPOT var implementeret, men deaktiveret mens dataindsamlingen foregik. Senere blev data indsamlet, mens SPOT var i drift.

Anvendt data til undersøgelsen er data fra kørende biler, kaldet *Floating Car Data* (FCD). De består blandt andet af GPS position, tid, retning og hastighed og er indsamlet af en bil, der fulgte trafikken på Østre Alle. Disse oplysninger blev registreret med 1 Hz.

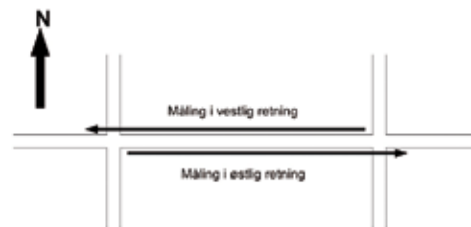
FCD blev indsamlet på tir., ons. og tor. i morgenmyldretiden (7.00-8.30), midt-dagsperioden (11.00-12.30) og eftermiddagsmyldretiden (15.00-16.30). FCD uden SPOT aktivt blev indsamlet i begyndelsen af okt. 2011 og FCD med SPOT aktivt blev indsamlet i feb.-mar. 2012. Uden SPOT aktivt blev der indsamlet FCD fra 120 ture, mens der med SPOT aktivt blev indsamlet FCD fra 129 ture.

Metoden til beregning af hastighedsprofiler indledes med at opdele ringvejen i 12,5 m segmenter. Efterfølgende blev FCD sorteret på ture, og hvis der var mere end en observation/tur/segment, blev kun den første anvendt. Hvis der ikke var en observation på et segment, blev observationen fra det tidligere segment anvendt. Den lille usikkerhed, som denne forenkling af data giver, betyder ikke noget i det samlede billede fordi:

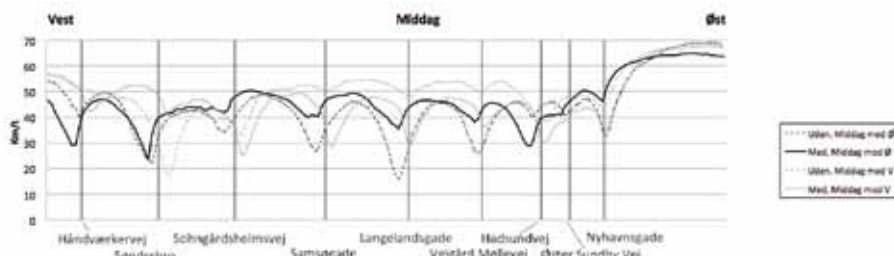
1. Ved lave hastigheder, hvor mere end en observation er registreret per segment, kan der være afvigelser. Disse afvigelser er meget små, da observationerne rykker til et andet vejsegment efter et par sekunder, hvis hastigheden bliver >20 km/t.
2. Mange observationer med en hastighed på 0 km/t er placeret på det samme segment, og selvom fokus er på hastigheden, betyder det ikke meget for resultatet, da

de overskydende observationer blot flyttes

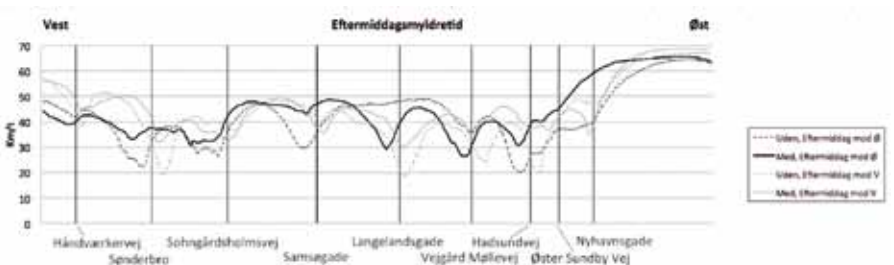
3. Hovedparten af observationerne er placeret med en/tur/segment.
4. Endvidere reduceres hastighedsudsvingene kraftigt ved stigende hastighed.
5. Når flere ture er gennemkørt med samme kørselsmønster, vil eventuelle skævheder på grund af sletning/tilføjelse af observationer udjævne sig selv. Hvilket igen forbedrer troværdigheden.



Figur 2. Principskitse for måling af rejsetid i de enkelte segmenter i hver retning.



Figur 3. Hastighedsprofil for middagstrafikken.



Figur 4. Hastighedsprofil for eftermiddagsmyldretidstrafikken.

Efterfølgende grupperes turene efter tidspunkt, retning, og om FCD var indsamlet med eller uden SPOT aktivt.

Rejsetiden mellem hvert kryds er baseret på tiden mellem passage af krydsene. For at sikre, at forsinkelser relateret til det enkelte kryds tillægges det rette vejsegment, er segmenterne forskudt en smule i kørselsretningen. Således er rejsetiden fra umiddelbart efter passage af et kryds til umiddelbart efter passage af det næste kryds anvendt som rejsetid mellem krydsene på segmentet. Det betyder, at rejsehastighederne i hver retning ikke er direkte sammenlignelige, da det er forsinkelser i to forskellige kryds, der tillægges det samme segment. Se figur 2.

Effekt på hastighedsvariationen

Effekten på hastighedsvariationen i morgenmyldretiden er noget svingende. Generelt erstattes de laveste hastigheder af lidt højere hastigheder med SPOT aktivt. Midt på dagen er billedet mere blandet. På en del delstrækninger forøges hastigheden, mens den reduceres andre steder. Det går dog igen, at de laveste hastigheder erstattes af højere hastigheder. Hastighedsvariationen

midt på dagen med og uden SPOT aktivt fremgår af figur 3.

I eftermiddagsmyldretiden forøges rejsehastigheden generelt. Det er især markant omkring Sønderbrokrydset, der er det mest trafikerede kryds i Aalborg. Udover den generelt forhøjede hastighed med SPOT aktivt forøges de lave hastigheder også her, og dermed bidrager SPOT til at reducere hastighedsvariationen med de afledte positive effekter på trafikafvikling, emissioner og trafikstøj. Hastighedsprofil for eftermiddagsmyldretiden fremgår af figur 4.

Effekt på rejsetider

Med SPOT aktivt kunne strækningen i gennemsnit gennemkøres på 4:11 minutter (95% konfidensinterval: 4:03-4:19) uafhængigt af kørselsretning ($p=0,91$) og tidspunkt på dagen ($p=0,07$), bortset fra en mindre reduktion i rejsetiden midt på dagen på 15 sek. De gennemsnitlige transporttider fordelt på tid på dagen, retning, samt om SPOT var aktivt, fremgår af tabel 2. Den eneste overordnede statistisk signifikante positive effekt af SPOT er i eftermiddagsmyldretiden, hvor der i gennem-

	Morgenmyldretid	Middag	Eftermiddagsmyldretid
Med SPOT mod øst	4:12	3:52	4:13
Uden SPOT mod øst	4:18	4:03	5:12
Med SPOT mod vest	4:09	4:00	4:11
Uden SPOT mod vest	4:02	3:32	4:58
Med SPOT total	4:11	3:56	4:12
Uden SPOT total	4:10	3:48	5:05

Tabel 1. Gennemsnitlige rejsetid på Østre Alle med og uden SPOT aktivt.

	Brændstofforbrug	CO ₂ -udledning	Tidsforbrug	Samlet besparelse
Kr.	393.000	15.000	5.790.000	6.198.000

Tabel 2. De samfundsøkonomiske effekter af etableringen af SPOT på Østre Alle.

snit var en 53 sek. hurtigere gennemkørsel ($p < 0,001$). Det svarer til en reduktion i rejsetiden på 17%. Omvendt resulterede det tidsstyrte system i en statistisk signifikant mindsket rejsetid i middagstrafikken i vestlig retning på 30 sek. ($p < 0,009$) – en reduktion, der ikke kunne opnås med SPOT.

Sammenfattende kan det siges, at SPOT resulterer i markant reduceret transporttid i eftermiddagsmyldretiden. Da eftermiddagsmyldretiden er den mest trafikerede del af døgnet, og da det er her, de bedste effekter af SPOT fremstår, kan det forventes, at SPOT har potentiale i tilfælde af voksende trængsel fremover.

Afledte effekter

Reduktionen i rejsetid kan opregnes til en estimeret årlig reduceret rejsetid. Ved opregningen er der anvendt vægtede resultater, så myldretidsresultaterne vægtes i forhold til deres andel af den døgnfordelte trafik og vice versa. Resultatet er en reduktion i rejsetiden på ca. 35.500 timers kørsel på strækningen pr. år. På samme måde kan brændstofbesparelsen og deraf afledt CO₂-udledning estimeres ud fra accelerationer, decelerationer og hastighed under kørslen. Kørslen med SPOT afvikles mere glidende og den estimerede brændstofbesparelse er på knapt 2,5% eller i runde tal 33.000 liter brændstof pr. år på strækningen. En tilsvarende reduktion i CO₂-udledningen er estimeret.

Prissættes disse besparelser af tid, energiforbrug samt CO₂-udledning efter de normalt anvendte priser til samfundsøkonomiske beregninger opnås en samfundsøkonomisk besparelse pr. år på 6,2 mio. kr. Den mindskede rejsetid giver en besparelse på 5,79 mio. kr. pr. år. Det reducerede brændstofforbrug og CO₂-udledning giver en besparelse på henholdsvis 393.000 og 15.000 kr. Samfundsøkonomisk er det dermed reelt kun den reducerede rejsetid, der betyder noget. Se tabel 3.

Diskussion og sammenfatning

SPOT resulterede i en klar reduceret rejsetid i eftermiddagsmyldretiden, mens resultaterne er mere blandede i morgenmyldretiden. Ef-

fekten på rejsetiden i eftermiddagsmyldretiden på strækningen er troværdig. Dels er effekten statistisk signifikant. Det betyder, at risikoen for at den reducerede rejsetid er tilfældig er forsvindende. Endvidere blev uden data indsamlet to gange, og gennemsnitsrejsetiderne i de to uden datasæt er identisk med få sekunders afvigelse i de to myldretider, mens den afviger en smule midt på dagen. Det viser, at metoden med god sikkerhed afspejler den faktiske transporttid på ringvejen. Imidlertid er der ikke indsamlet data om afviklingen af svingende trafik på strækningen.

Andre senere undersøgelser indikerer, at der er problemer med afviklingen af disse strømme i de mest trafikerede kryds med SPOT aktivt. Det kan ikke afvises at være tilfældet og er en svaghed med undersøgelsen. Til det skal dog bemærkes, at der endnu ikke er foretaget uden målinger af den svingende trafik, samt at der i forbindelse med justeringen af ethvert adaptivt signalsystem nødvendigvis skal tages beslutning om, hvilke trafikstrømme, der overordnet skal prioriteres. Endvidere er adaptive signalsystemer meget afhængige af fungerende spoler til løbende detektering af trafikstrømme. Få defekte spoler kan medføre tydelige forringelser af systemets trafikafvikling.

Med ovenstående usikkerheder i baghovedet kan følgende overordnede konklusioner på effekten af etablering af Adaptiv Signalstyring på Østre Alle fremhæves:

SPOT resulterede i en samlet reduktion i rejsetiden på Østre Alle. Bedst effekt blev opnået, når trængslen var størst – i eftermiddagsmyldretiden. Her blev rejsetiden nedbragt med i gennemsnit 53 sek. eller 17%. SPOT kan altså være et anvendeligt værktøj til at nedbringe trængslen i større byer. Det er afgørende, at der dels anvendes tilstrækkelige ressourcer til at kalibrere og optimere systemets indstillinger ved idriftsættelse, ligesom systemet løbende skal kalibreres i forhold til udviklingen i trafikafviklingen. På samme måde er det en forudsætning for, at systemet kan planlægge trafikafviklingen optimalt, at det, både ved opstart, men også løbende, sikres, at detektering, forbindelser

og drift af signalanlæggene er i orden. Endeligt er det helt afgørende, at vedligeholdelse af spoler mv. samt opdatering af tidligere tidsstyrte systemer er foretaget grundigt – ellers giver en med/udenundersøgelse ikke et reelt billede af effekten af et Adaptivt Signalsystem.

Referencer

- [1] Directorate General for Mobility and Transport. 2011. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system.
- [2] Segui Pons, J. M. 2003. The Territorial effects of Intelligent Transport Systems. Networks and Communication Studies. Vol. 17, nr. 1-2, ss. 39-52.
- [3] Stough, R. 2001. Intelligent Transport Systems: Cases and Policies. 1. udgave. Northampton, USA. Edward Elgar Publishing Ltd.
- [4] Stavanovic, A. 2010. Adaptive Traffic Control Systems: Domestic and Foreign State of Practice - A Synthesis of Highway Practice. National Cooperative Highway Research Program.
- [5] Hunter, M. P. Et al. 2012. A Probe-Vehicle-Based Evaluation of Adaptive Traffic Signal Control. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Vol. 13, nr. 2, ss. 704-713.
- [6] Samadi, S. Et al. 2012. Performance Evaluation of Intelligent Adaptive Traffic Control Systems: A Case Study. Journal of Transportation Technologies. Vol. 2, ss. 248-259.
- [7] Fehon, K.; Peters, J. 2010. Adaptive Traffic Signals, Comparison and Case Studies. San Francisco, USA. ITE 2010 Western District Annual Meeting.
- [8] Oslo Kommune. 2003. SPOT i Kvadraturen- Før/etterundersøgelse. PRO-SAM-rapport nr. 107. Oslo.
- [9] Danmarks Statistikbank. 2012. Danmarks Statistikbank. Tilgængelig på: <http://www.statbank.dk/statbank5a/default.asp?w=1280>. Set 29/11 2012.
- [10] Mogensen, J. 2012. Floating Car Data for information and planning. Aalborg Kommune.
- [11] Hansen, P. B.; Frederiksen, L. B.; Christensen, P. 2004. Signalregulering på Centrumforbindelsen med UTOPIA/SPOT. Dansk Vejtidskrift. Vol. 81, nr. 9, ss. 16-20.
- [12] Christensen, P. 2005. SPOT - en styringsfilosofi i udvikling. Dansk Vejtidskrift. Vol. 82, nr. 11, ss. 68-70.
- [13] Agerholm, N.; Clausen, U.; Knudsen, T. 2011. Adaptiv signalstyring i Aalborg. Trafik & Veje. Vol. 88, nr. 9, ss. 26-29. ■