

# Fordonstrafik - Trafikljusförbättringar för att minska väntetider

Fredrik Omstedt  
Omstedt@kth.se  
Grupp F-2

## **Sammanfattning**

Bilar är idag väl använda i samhället. Detta leder ofta till stora mängder trafik, något som i sin tur leder till långa väntetider för många människor. För att dirigera trafiken används bland annat trafikljus, men då dessa inte alltid fungerar optimalt kan personer behöva vänta längre än nödvändigt. Syftet med denna rapport är därför att genom en litteraturstudie på vetenskapliga artiklar avgöra hur man kan förbättra trafiksignaler så att väntetid minskar. Tre artiklar användes för att besvara frågan. I resultatavsnittet framkom att möjliga förbättringar kan uppnås genom mer avancerade sensorer samt mer dynamiska trafiksignalsystem, som beräknar tidigare förprogrammerade värden med hjälp av det faktiska trafikläget. Dock krävs fler undersökningar som genomförs på riktiga trafikljus för att avgöra om dessa metoder faktiskt minskar väntetiderna som uppstår.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund . . . . .	1
1.2	Syfte och frågeställning . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Teoretisk bakgrund</b>	<b>2</b>
2.1	Dagens trafikljus . . . . .	2
2.1.1	Tidsbaserat system . . . . .	2
2.1.2	Semiaktiverat system . . . . .	2
2.1.3	Helaktiverat system . . . . .	2
2.2	Väntetid . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Metod och material</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Ändringar</b>	<b>9</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

I dagens samhälle är bilen ett föremål många använder. I Sverige var ca 4,8 miljoner personbilar i trafik under augusti 2015 (*Statistiska Centralbyrån* 2015). För många krävs bilen dagligen; för att kunna ta sig till jobbet, kunna åka och handla, etc.

Dessa bilar leder till stora mängder trafik. De måste då kunna ledas på ett säkert sätt för att förhindra skador, köbildning, samt för att på ett effektivt sätt kunna leda personer till sina destinationer. Detta görs med hjälp av olika typer av vägar, vägmärken, och diverse elektronisk information.

En typ av hjälpmedel för att underlätta trafiken är trafikljus. Dessa används vid vägar som korsas för att bestämma vilken väg bilar har företräde på, något som görs utifrån olika faktorer, som antal bilar och tid. Detta sker inte alltid på ett optimalt sätt, och många bilister får då sitta väntandes i onödan, något som i sin tur kan leda till köbildningar (Schränk et al. 2015). Exempelvis i Stockholm blir restiderna i genomsnitt 30% längre under rusningstrafik jämfört med när trafiken flyter fritt (*TomTom* 2014).

## 1.2 Syfte och frågeställning

Som kan läsas i ovanstående är trafikljus ett hjälpmedel som inte är helt problemfritt i dagens samhälle, och som påverkar många människor. Därför är syftet med denna rapport att undersöka hur man kan effektivisera trafikljus, så att väntetid minskar, vilket i sin tur kan minska storleken på köer. Frågeställningen för denna rapport är därför: Hur kan man förbättra trafikljus för att minska väntetiden i korsningar? Denna fråga ska besvaras i form av en litteraturstudie, som utnyttjar teori kring trafikljus och väntetid, samt tidigare forskning inom området.

## 2 Teoretisk bakgrund

I denna del beskrivs fakta kring trafikljus som används idag, samt teori kring väntetid relaterad till trafiksignaler, detta för att underlätta förståelsen för rapporten.

### 2.1 Dagens trafikljus

Det finns flera olika sorters trafikljus i dagens samhällen, alla utformade för olika syften. Generellt för allihop är att de visar ljussignaler för att beskriva hur trafik ska röra sig. Det finns flera olika system som bestämmer hur trafiksignaler byter mellan ljus.

#### 2.1.1 Tidsbaserat system

Tidsbaserade (eng. *Pretimed*) system utnyttjar ett eller flera fasta tidsintervall som bestämmer hur länge trafiksignalerna visar en viss färg (Zheng & Chu 2008).

#### 2.1.2 Semiaktiverat system

Semiaktiverade (eng. *Semi actuated*) system utnyttjar sensorer vid den mindre av vägar vid en korsning. Den större vägens signaler är gröna tills dess att sensorerna, som ofta är induktiva (de aktiveras när bilar korsar det magnetfält sensorerna producerar), aktiveras. Då byts signalerna till fördel för den mindre vägen, förutsatt att en förprogrammerad minimitid, som den större vägens ljus måste varit gröna under, har uppnåtts. Denna tid finns för att låta fordon/fotgängare hinna ta sig genom korsningen innan trafikljusen ändras. Den mindre vägens trafikljus kommer fortsätta vara gröna tills dess att tidsskillnaden (eng. *headway*) mellan två bilar på den mindre vägen är större än en förprogrammerad tid, eller om signalen visat grönt i en förprogrammerad maximitid, som generellt sett endast uppnås vid mycket ojämna trafikförhållanden. Systemet är utformat för att vara tidseffektivt, och därför används tidsskillnaden för att avgöra när bilflödet inte längre är stort nog för att ge vägen företräde (Viti & Van Zuylen 2010).

#### 2.1.3 Helaktiverat system

Helaktiverade (eng. *Fully actuated*) system fungerar på samma sätt som de semiaktiverade, men här har alla vägar sensorer som hjälper till att avgöra hur trafikljusen ska bestämma vilken väg som har företräde (Viti & Van Zuylen 2010).

Generellt sett är semi- och helaktiverade system mer använda än tidsbaserade, då de bemöter trafik på ett bättre sätt genom att de bland annat kan hoppa över vägar som inte är trafikerade, till skillnad från ett tidsbaserat system, som går igenom alla möjligheter inom de förutbestämda tidsintervallen och alltså inte anpassar sig till trafiken i realtid (Zhang & Wang 2011) (Viti & Van Zuylen 2010).

## 2.2 Väntetid

Dagens trafikljus har visserligen algoritmer som hjälper till att minska tiden och köbildningar, men det finns fortfarande förbättringsområden. Enligt Schrank et al. (2015) är resenärer i USA fast i sina bilar sju miljarder timmar per år, vilket motsvarar 42 timmar för varje person som åker i rusningstrafik. Dessutom menar de att väntetiden har ökat de senaste åren, och kommer fortsätta öka i framtiden om inget görs åt problemet. Halkias & Schauer (2004) hävdar att 296 miljoner timmar endast beror på dålig timing med trafikljussignaler.

Enligt Zhang & Wang (2011) samt Zheng & Chu (2008) beror dessa väntetider på hur dagens trafikljussystem är uppbyggda. Som redan nämnts betonas avsaknad av anpassning till trafiken i tidsbaserade system, men även semi- och helaktiverade system nämns som ineffektiva, något som dels beror på det faktum att de förprogrammerade minimi- och maximitiderna är just förprogrammerade, och inte förändras beroende på olika trafiksituationer.

Även Collotta et al. (2015) hävdar detta, och tillägger att förprogrammerade tider kan leda till att fel väg får företräde vid en korsning, alltså att ett val som leder till längre genomsnittliga väntetider väljs av trafiksignalsystemet. Vidare påpekar de att sensorer kan vara en del av problemet. Just induktiva sensorer är mycket påträngande på vägar och medför trafikstörningar vid installation och uppehåll, eftersom vägarna blir delvis eller helt avstängda när detta sker.

## 3 Metod och material

Denna rapport är en litteraturstudie, där artiklar från vetenskapliga tidskrifter samt rapporter från institut utgör grunden i arbetet. Dessa har hittats genom sökningar i databaser, som Google Scholar, IEEE, samt ScienceDirect, med hjälp av sökord som "Traffic lights", "Semi actuated", "Fully actuated"

och "Traffic delay". Sökresultaten har använts i både teoriavsnittet och för att i resultatavsnittet redovisa tidigare forskning relevant till frågeställningen.

## 4 Resultat

I denna del beskrivs tidigare forskning kring trafiksignaler. De olika artiklar som har valts bedömdes utifrån hur väl de kan svara på frågeställningen.

Som tidigare nämnts hävdar Zhang & Wang (2011) att väntetid uppstår på grund av de förprogrammerade minimi- och maximitiderna som trafiksignaler har. De har därför föreslagit en modell som dynamiskt uppdaterar dessa tider. Med hjälp av olika avancerade sensorer som mäter antalet bilar, hastigheter, kölängder och liknande kan värden fås som sedan, genom förutbestämda ekvationer, används för att beräkna tiderna.

Zhang & Wang (2011) föreslår att minimitiden dynamiskt ska bero på antalet köande fordon i början av tiden ett trafikljus visar grönt ljus (grönljusperioden), där fler fordon ger en längre minimitid. Detta ger större möjlighet för alla köande fordon att hinna genom korsningen under endast en grönljusperiod. Maximitiden beräknas dynamiskt på samma sätt som för minimitiden, men med tillägget att antalet fordon som kommer till korsningen under grönljusperioden också räknas med, då man vill lyckas få så många fordon som möjligt genom korsningen under tiden då signalen visar grönt ljus. Detta kan självklart inte räknas i realtid (då man måste veta maximitiden för att avgöra hur många fordon som kan nå korsningen under perioden), och därför använder Zhang & Wang (2011) en probabilistisk metod som beräknar det rimliga antalet fordon utifrån antalet köande bilar i korsningen när en sensor från motstående väg aktiveras. Detta innebär alltså att maximitiden beräknas först när en annan väg vill ha företräde.

Utifrån de datorsimuleringar som Zhang & Wang (2011) utfört, som gjordes på en komplicerad fyrvägs-korsning med övergångsställen under randomiserade tvåtimmarsintervall, visas en mindre väntetid vid användning av deras dynamiska beräkningar av minimi- samt maximitid. Speciellt vid låg eller medelhög trafik förbättras väntetiden, där den var mellan 33.2-42.2% bättre vid låg trafik och mellan 13.3-24.4% bättre vid medelhög trafik, än med förprogrammerade minimi- och maximitider. Vid hög trafik förbättras väntetiden med mellan 0.1-2.9%.

Collotta et al. (2015) föreslår även de ett dynamiskt system, men som funge-

rar på ett annat sätt. Deras system utnyttjar ett trådlöst nätverk av sensorer som estimerar antalet köande fordon vid en korsning, och av flera kontroller, en för varje väg. Kontrollerna använder sig av suddig logik (en form av logik som ger en gradskala på sanning, påståenden kan alltså vara delvis sanna/-falska) för att bestämma grönljusperioden för en viss väg. Anledningen till ett trådlöst nätverk av sensorer beror enligt dem på att de är enkla att hantera, är minst lika precisa som induktiva sensorer, och inte alls lika påträngande (dvs. uppehåll kräver exempelvis inte att vägar stängs av), något som beror på att de är just trådlösa.

Systemet fungerar på ett sådant sätt att sensorerna skickar information om antalet köande fordon vid varje väg till en sorteringsmodul, som utifrån antalet prioriterar vilken väg som ska få grönt ljus. Kontrollern vid denna väg får då informationen om antalet köande fordon, och beräknar utifrån detta den optimala grönljusperioden för vägen. Precis som med Zhang & Wang (2011) beräknas denna utifrån antalet köande fordon, men istället för att beräkna minimi- och maximitider med hjälp av ekvationer används den suddiga logiken för att avgöra tiden för en hel grönljusperiod. Sensorerna är placerade på ett sådant sätt att de kan avgöra huruvida en kö är kort, medellång eller lång, och utifrån detta omvandlas värdet på antalet köande fordon till ett procentuellt värde kopplat till hur lång kön är. Rent logiskt sett kan det alltså ses som att färre antal fordon ger större sannolikhet för en kort kö än en lång kö, och därför blir det procentuella värdet större om sensorerna indikerar på att det är en kort kö än om det skulle vara en lång. Tiden beräknas utifrån detta procentuella värde med samma princip, men här använder man det procentuella värdet och omvandlar det till en tid. Detta görs på ett linjärt sätt med förprogrammerade undre och övre tidsgränser (som kan tolkas som minimi- och maximitider). Efter att sorteringsmodulens prioriteringslista har körts igenom, dvs. när alla vägar har fått sina grönljusperioder beräknade och dessa har genomförts, börjar systemet om igen.

De simuleringar som gjorts av Collotta et al. (2015), som utförts på en liknande korsning som i Zhang & Wang (2011) (dock med tretimmarsintervall), visar på förbättringar i väntetid jämfört med dagens system. Speciellt vid hög trafik syntes förbättringar, då detta system ledde till en förbättring mellan 21.0-46.1%. Vid låg trafik låg förbättringen mellan 5.3-25.0% och vid medelhög trafik mellan 15.0-36.7%.

Zheng & Chu (2008) föreslår också ett system som utnyttjar dynamiska minimi- & maximitider. Systemet liknar det som Zhang & Wang (2011) kommit på, men utnyttjar något mer komplicerade ekvationer för att be-



räkna tiderna. En stor skillnad mellan systemen är att det som Zheng & Chu (2008) föreslår gäller för korsningar som har intilliggande korsningar i närheten, och som utnyttjar samt beräknar för alla trafiksignaler i dessa korsningar. Olika viktiga värden som används i ekvationerna, exempelvis medelantalet bilar som når en korsning per timme, beräknas utifrån probabilistiska modeller (av samma typ som i systemet föreslaget av Zhang & Wang (2011)) som använder sig av data från andra korsningar. Dessutom kan vissa värden beräknas rekursivt, dvs. att värden från tidigare grönljusperioder kan användas för att anta vad värdena för nästkommande grönljusperioder kommer vara. Ekvationen för minimitiden beror främst på antalet köande fordon vid korsningen, men även på medelantalet fordon som når korsningen per timme. Ekvationen för maximitid beror på minimitiden och medelantalet fordon som når korsningen per timme.

Zheng & Chu (2008) utförde datorsimuleringar på en modell av ett faktiskt system av korsningar, benämnt "Irvine Triangle", som ligger i Irvine, Kalifornien. Simuleringarna utfördes under fyratimmarsintervall, med extra 15 minuter uppvärmning (som inte analyseras) för att låta fordon komma in i systemet, och visar på förbättringar kring väntetid. Vid låg trafik förbättrades väntetiden med 7.0%, vid medelhög trafik med 13.5% och vid hög trafik med 5.5%.

## 5 Diskussion

Från ovanstående kan ses att flera olika artiklar tyder på att det finns förbättringsmöjligheter inom trafiksignalsystem, både för isolerade korsningar och system, och att det finns flera sätt att gå tillväga när man ska förbättra dem. Vad som generellt sett ses som ett problem med dagens trafikljus är deras förprogrammerade värden som används vid beräkningar, vilket gör att flera föreslår system som beräknar dessa dynamiskt beroende på trafiksituationer. Detta kräver mer avancerade sensorer än vad som används idag, som bättre kan avgöra trafikläget. Även lösningar som inte ändrar dessa värden dynamiskt påpekar behovet av bättre sensorer för att förbättra trafiksignalerna.

Då dessa olika system inte jämförts med varandra kan inte någon specifik metod pekas ut som kan besvara frågeställningen, utan alla får uttryckas som potentiella möjligheter till en förbättring av trafiksignaler.

Trots det faktum att artiklarna visar på förbättringar kan det inte antas

att de föreslagna systemen faktiskt kommer minska väntetider. Statistiken kommer endast från simuleringar, som inte kan återspegla verkligheten till 100%. Först när systemen testas på riktigt kan det avgöras om väntetiden minskar eller ej.

Denna rapport visar endast några få exempel på hur trafikljus kan förbättras, vilket innebär att det kan finnas bättre lösningar på problemet. För att få ett mer allmänt perspektiv skulle alltså mer forskning kunna presenteras. Dock räcker det som redogjorts för att besvara frågeställningen.

Något jag noterar är skillnaden i förbättring beroende på hur mycket trafik det är, och att vissa föreslagna lösningar tycks fungera bättre inom vissa trafikintervaller. Exempelvis ses att Zhang & Wang (2011) ger bäst resultat i låg trafik, medan Collotta et al. (2015) fungerar bättre i hög trafik. Vidare forskning skulle kunna undersöka om man kan förbättra trafiksignalsystem ytterligare genom att göra dem dynamiska på sådant sätt att de kan alternera mellan olika system beroende på trafikmängd, exempelvis att just använda metoden presenterad av Zhang & Wang (2011) när trafik är låg och den föreslagna i Collotta et al. (2015) när trafik är hög. Detta måste dock utforskas i en större undersökning, men det skulle kunna förbättra trafiken, speciellt vid korsningar där trafikflödet förändras ofta.

## 6 Slutsatser

Ett antal artiklar visar alla på möjligheter att förbättra trafikljus så att väntetiden minskar, något som främst kan göras genom mer avancerade sensorer samt att förprogrammerade värden istället beräknas dynamiskt beroende på trafiken. Dock har inga konkreta resultat tagits från riktiga trafikljussystem, och därför krävs fler studier som kontrollerar om de föreslagna systemen faktiskt förbättrar i trafiken eller ej.

## Referenser

- Collotta, M., Bello, L. L. & Pau, G. (2015), ‘A novel approach for dynamic traffic lights management based on wireless sensor networks and multiple fuzzy logic controllers’, *Expert Systems with Applications* **42**(13), 5403–5415.
- Halkias, J. & Schauer, M. (2004), ‘Red light, green light’, *Public roads* **68**(3).
- Schrank, D., Eisele, B., Lomax, T. & Bak, J. (2015), 2015 urban mobility scorecard, Technical report, The Texas A&M Transportation Institute and INRIX.
- Statistiska Centralbyrån (2015). Fordonsstatistik januari 2006 - september 2015, [http://www.scb.se/sv\\_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Transporter-och-kommunikationer/Vagtrafik/Fordonsstatistik/](http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Transporter-och-kommunikationer/Vagtrafik/Fordonsstatistik/), 2015-10-26.
- TomTom (2014). TomTom Traffic Index, [https://www.tomtom.com/sv\\_se/trafficindex/](https://www.tomtom.com/sv_se/trafficindex/), 2015-10-26.
- Viti, F. & Van Zuylen, H. J. (2010), ‘A probabilistic model for traffic at actuated control signals’, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* **18**(3), 299–310.
- Zhang, G. & Wang, Y. (2011), ‘Optimizing minimum and maximum green time settings for traffic actuated control at isolated intersections’, *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on* **12**(1), 164–173.
- Zheng, X. & Chu, L. (2008), Optimal parameter settings for adaptive traffic-actuated signal control, in ‘Intelligent Transportation Systems, 2008. ITSC 2008. 11th International IEEE Conference on’, IEEE, pp. 105–110.

## 7 Ändringar

- Korrekturläst hela rapporten, och fixat grammatiska fel samt sämre ordval.
- Tagit bort sidnumrering på titelsidan.
- Ändrat titeln.
- Förtydligat teoriavsnittet, sid 2.
- Omformulerat en mening i metodavsnittet som ansågs vara självklar, sid 3.
- Omformulerat vissa meningar i resultatdelen, sid 4, 5.
- Omformulerat vissa meningar i diskussionsavsnittet, sid 7.