



Signalregulering på Centrumforbindelsen med UTOPIA/SPOT

■ Af Peter Bäckér Hansen,
Københavns Kommune, Vej & Park
pehan@btf.kk.dk

■ Lars Bo Frederiksen,
Københavns Kommune, Vej & Park
lafre@btf.kk.dk

■ Peter Christensen,
Swarco
Peter.Christensen@swarco.com

Københavns Kommune er i gang med etablering af adaptiv signalstyring (avanceret trafikstyret samordning) af 9 signalanlæg på Centrumforbindelsen mellem Amagermotorvejen og Københavns centrum. Trafikstyringen varetages af systemet UTOPIA/SPOT, som omfatter både central og decentral optimering af signalstyringen på strækningen ud fra trafikdata fra mere end 130 detektorspoler. Med projektet håber kommunen at opnå en større kapacitet og bedre trafikale prioriteringsmuligheder på strækningen, som i dag er belastet over sit maksimum i myldretiderne.

Københavns Kommune etablerer adaptiv signalstyring på en vigtig indfaldsvej

Centrumforbindelsen er navnet på den firsprogede vejforbindelse fra Amagermotorvejen over Sjællandsbroen til Københavns centrum, som med sine ca. 50.000 biler på et hverdagsdøgn er den vigtigste indfaldsvej i det sydlige København. Projektet omfatter den ydre del af Centrumforbindelsen fra Amagermotorvejen gennem Sydhavnsområdet frem til krydsene Vasbygade/Teglholsmølle og Sydhavns Plads, hvor forbindelsen fra Holbækmotorvejen (den anden store sydvestlige indfaldsvej) støder til. På Amagersiden er også krydset Vejlands Allé/Lossepladsvej (en 'bagvej' til centrum) med i systemet, der således omfatter i alt ni signalanlæg, heraf to dobbeltanlæg.

Baggrunden for projektet er, at kapaciteten af vej- og signalsystemet i dag ikke helt rækker til trafikken i myldretiderne. I Sydhavnsområdet har Centrumforbindelsen både rollen som regional indfaldsvej og som fordelingsgade for Københavns interne trafik samt giver adgang til områdets mange virksomheder. Og med den igangværende udbygning af både boliger og erhverv i Sydhavnen samt i Ørestaden forventes trafikbelastningen i de kommende år løbende at ændre sig i området.

Projektets formål og målsætninger

Formålet med projektet er derfor at afprøve avanceret signalstyring som værktøj på en problemfyldt strækning med høj trafikbelastning. Ved projektet er fremkommeligheden for biltrafikken sat i



Placering af signalanlæg.

højsædet, uden at det må have negative konsekvenser for cyklister og fodgængeres forhold eller for trafiksikkerheden. Projektets effekter skal vurderes på antal afviklede køretøjer og deres rejsetid, og det er målsætningen, at der kan opnås en kapacitetsforbedring på omkring 5%. Herudover skal systemet dog også håndtere forskellige overfyldningsproblemer, som det er beskrevet nedenfor, samt vise om

det er muligt at håndtere trafikale prioriteringer.

Centrumforbindelsen er valgt frem for andre indfaldsveje, hvor de trafikale forhold er mere stabile, og hvor traditionelle styringssystemer derfor gør rimelig god fyldest. Forbindelsen har i dag såkaldt trafikstyret programvalg, hvor antal talte biler på udvalgte steder er styrende for det aktuelle valg mellem de fire faste signal-

programmer, der er til rådighed. I et par kryds er der lokal trafikstyring af enkelte svingbevægelser.

Det vurderes, at den eksisterende styringsform er for grov til fuldt ud at udnytte de tidsmæssige variationer i trafikstrømmene, som ikke alle nødvendigvis topper på samme tidspunkt i løbet af myldretiden. Dette forhold søges udnyttet med det nye adaptive signalsystem, der forventes bedre at kunne give en optimal trafikafvikling under de skiftende forhold. Det må dog forudses, at ikke alle trafikstrømme kan tilgodeses optimalt, og heller ikke trafikpolitisk ønskes prioriteret ens, hvorfor systemet søges indrettet til at kunne prioritere de forskellige strømme efter forskellige principper.

Trafikale problemer i morgenmyldretiden

I dag er ligger flaskehalsen for trafik fra Amagermotorvejen mod centrum i krydset Sjællandsbroen/Sluseholmen, som er det første kryds efter sammenfletningen af Amagermotorvejen og Vejlands Allé (trafik fra Amager). Typisk bliver dette kryds overbelastet lige før kl. 8, hvor trafik fra Vejlands Allé og ærindetrafik til og fra Sluseholmen 'stjæler' mere kapacitet end tidligere på morgenen. På Amagermotorvejen er trafiktilstrømningen typisk stadig stigende på dette tidspunkt, hvorfor kødannelsen her vokser ekstra hurtigt, idet der ikke sker nogen tilstræbt dosering af de øvrige trafikstrømme i signalanlæggene på Amagersiden.

Længere inde på strækningen er krydset ved Teglmholmsgade også hårdt belastet med sammenfletning af trafik fra Amagermotorvejen, Holbækmotorvejen og venstresving mod Teglmholmsgade. På Amagersiden viser de nye trafiktællinger, at venstresving mod Lossepladsvej om morgenen er betydeligt, faktisk større end antallet af ligeudkørende ud ad Vejlands Allé, hvorved venstrebanen hyppigt overfyldes.

Trafikale problemer i eftermiddagsmyldretiden

Flere kryds er belastet nær eller over kapacitetsgrænsen, men krydset Vasbygade/Teglmholmsgade/Sydhavns Plads giver de største forsinkelser. Trafikken fra byen fordeler sig med 60% mod Amager-

motorvejen og 40% højresvingende ad Ring 2 i retning mod Holbækmotorvejen. Højresvinget har – som et bevidst valg – intet kapacitetsoverskud. Trafikken ud fra Teglmholmsgade har ventetid for at komme ud på det overordnede vejnet ved arbejdstids ophør.

Ønsker til trafikale prioritering

Ud fra de beskrevne problemer samt trafikpolitiske ønsker har vi opstillet en ønskeliste til prioritering af trafikstrømmene. Heri indgår bl.a.:

Om morgenen skal trafikken fra Amagermotorvejen og fra Vejlands Allé mod Sjællandsbroen løbende kunne prioriteres indbyrdes og doseres på en måde, så det sikres, at kapaciteten på Sjællandsbroen udnyttes fuldt ud. F.eks. kunne styringen holde 'åbent for sluserne' fra Vejlands Allé, indtil der bliver begyndende kø på Amagermotorvejen, hvorefter der så må ske en løbende prioritering af trafikstrømmene, så længe der stadig er kø på motorvejen.

Venstresvingende mod Lossepladsvej skal valgfrit kunne afvikles eller doseres på et sted, hvor det ikke er til ulempe.

Trafikken fra Holbækmotorvejen mod byen skal ved kapacitetsmangel i Teglmholmsgadekrydset maksimalt tildeles den nuværende kapacitet, så eventuelt kapacitetsforøgelse kommer trafik fra Sjællandsbroen til gode. Herved tilskyndes trafikanten til at benytte Centrumforbindelsen, som ikke forløber i boligområder.

Om eftermiddagen er det tilsvarende

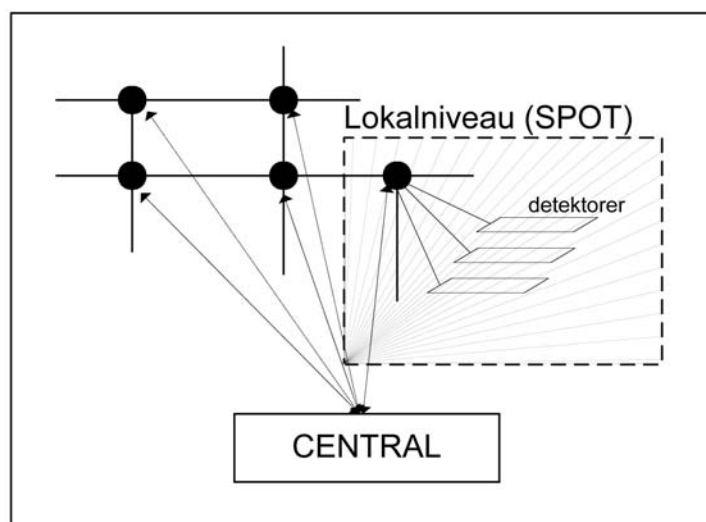
ønskeligt, at trafik fra Københavns centrum samt fra Teglmholmsområdet til Køgebugt-motorvejen tilskyndes til at bruge Amagermotorvejen frem for Holbækmotorvejen. Specielt er det ønskeligt, at ligeudkørsel fra Teglmholmsgade mod Sydhavns Plads ikke er mere attraktiv end venstresving mod Scandiagade.

Tilgængeligheden til Teglmholmsområdets erhvervsvirksomheder må prioriteres ganske højt. Konkrete mål kunne være, at svingbanerne mod området ikke må overfyldes om morgenen, samt at forsinkelsen om eftermiddagen ved udkørsel på det værste tidspunkt ikke må overstige 5 minutter.

Hvorfor UTOPIA/SPOT?

Oprindeligt var det kommunens tanke at lade udarbejde et adaptivt system nærmest fra grunden af, så det var skræddersyet til at håndtere forholdene på Centrumforbindelsen. Efter en udbudsrunder med omfattende beskrivelser og meget specifikke tekniske og trafikale krav til den kommende entreprenør viste det sig imidlertid, at denne løsning ikke var mulig inden for projektets økonomiske rammer.

Efter en senere udbudsrunder blev Swarco valgt som entreprenør med UTOPIA/SPOT som adaptivt signalstyringssystem. Der er hermed valgt et 'hyldevare'-system, der er udviklet til at håndtere mange forskellige trafikale problemstillinger, hvorfor de specifikke problemer på Centrumforbindelsen må håndteres på systemets præmisser. Systemet ser dog gan-



Områdeniveau (UTOPIA).

ske fleksibelt ud med mange indstillingsmuligheder og vil kunne udbygges til at medtage Holbækmotorvejens indføring gennem Folehaven og Ellebjergvej.

Desuden det er også en fordel, at systemet har en stor kundekreds, hvorfor der er ressourcer til den løbende udvikling. UTOPIA/SPOT er et kommercielt produkt, hvortil der hele tiden bliver udviklet nye funktioner og lavet forbedringer – hovedsageligt baseret på tilbagemeldinger fra de mange systemer (langt over 1000 signalanlæg), der er i drift i Europa.

Systemet UTOPIA/SPOT er udviklet af italienske Mizar Automazione i Torino i slutningen af 1980'erne, hvor formålet var at lave et integreret system med intelligente trafiksignaler, prioritering af kollektiv trafik og trafikantinformation. Konceptet blev kaldt UTOPIA og den senere mere kendte lokale intelligente signalstyring blev kaldt SPOT. I dag anvendes navnet UTOPIA som oftest om den overordnede signalstyring og SPOT om den lokale signalstyring – derfor det sammensatte navn UTOPIA/SPOT.

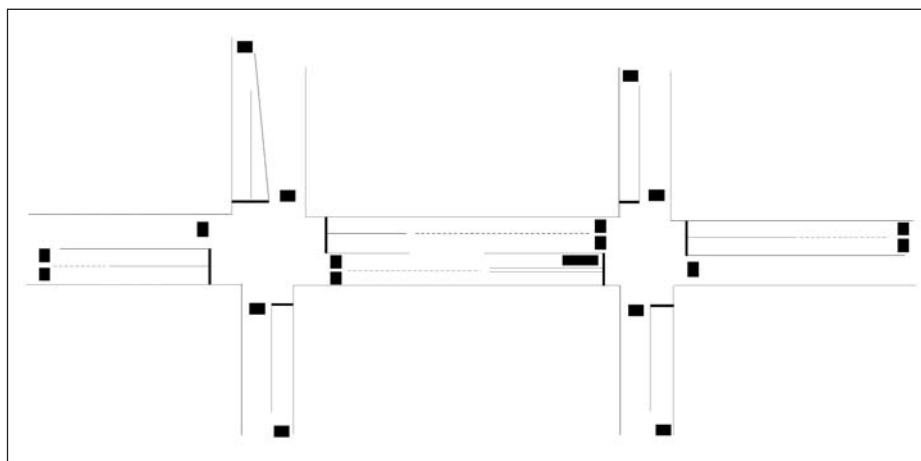
Sådan fungerer UTOPIA/SPOT

Ideen med anvendelsen af UTOPIA/SPOT er at kunne optimere signalvisningen ved dynamisk (i realtid) at beregne og indstille grøntider og offset-indstillinger i samtlige signalanlæg i et defineret net af signalanlæg. Disse signalopdateringer skal samtidigt foregå hyppigt, således at signalvisningen hele tiden tager hensyn til den helt aktuelle trafiksituation. Man kan kalde det avanceret trafikstyret samordning af signalanlæggene.

Ved beregning af den optimale signalstyring minimerer UTOPIA/SPOT den samlede rejsetid for køretøjerne i området, der er omfattet af signalstyringssystemet (globalt optimum). Den costfunktion, der skal minimeres, kan matematisk defineres som summen af køretøjernes passagetid i nettet. Da denne costfunktion er meget kompleks og ikke lader sig løse som en helhed inden for en begrænset periode, imødegår/overvinder UTOPIA/SPOT kompleksiteten ved at opløse "problemet" i en række delproblemer, der hver for sig forsøger at minimere en costfunktion for det lokale signalanlæg (lokalt optimum).

Opløsningen i delsystemer gøres ved at hele området inddeles i overlappende zoner, hvor hver zone bliver logisk centreret om et signalanlæg og tilstødende signalanlæg. Opløsningen i delproblemer fører desuden frem til systemets hierarkiske/decentraliserede struktur, hvor "styringen på "områdeniveau" har til formål at styre de overordnede forhold herunder den principielle styrestrategi. Disse informationer videregives til styringen på "lokalniveau".

Samlet set forsøger UTOPIA/SPOT at minimere en costfunktion, der bl.a. indeholder en række samfundsøkonomiske pa-



Placering af målepunkter til detektering.

rametre:

- Forsinkelser i tilfarter og frafarter
- Antal stoppede køretøjer i fastsatte tidsperioder i tilfarter og frafarter
- Overskydende kapacitet i tilfarter og frafarter
- Referencesignalplan (den signalstyring områdeniveauet alene ville implementere)
- Antal stoppede kollektive køretøjer (denne funktion anvendes ikke i projektet).

Ved beregninger vil cost-funktionen tage hensyn til alle strækninger/tilfarter, der er defineret i området. Der er mulighed for selv at vægte udvalgte trafikstrømme og retninger højere og dermed få foretaget en målrettet optimering af trafikafviklingen. De enkelte costelementer kan også op- eller nedprioriteres eller evt. helt udelades.

Områdeniveauet (UTOPIA)

På områdeniveau indsamles og analyseres trafikregistreringer fra hele området, og trafikens fordeling på hovedstrækningerne prognosticerer. I processen vælges og distribueres den mest passende indstilling for de lokale styringer i form af en referencesignalplan til de enkelte lokale enheder for at opnå en glidende trafikafvikling i forhold til den aktuelle trafiksituation i området. I referencesignalplanen er der taget hensyn til eventuelle selvvalgte vægtninger af de enkelte costelementer, og der kan være pålagt forskellige begrænsninger. Referenceplanen er altså den signalplan, lokálniveauet ville styre trafikken efter, hvis der ikke var nogen lokale trafikpåvirkninger.

Lokálniveauet (SPOT)

Styrken ved UTOPIA/SPOT er den meget stærke lokale intelligens, der er kernen i hele konceptet. Den lokale styring sker inden for de rammer, der er udstukket fra områdeniveauet. Ud fra detektorinformationer bestemmes den mest realistiske matematiske beskrivelse af den virkelige situation i krydset mht. antal ankomende

køretøjer i hver deltilfart. Ved bestemmelsen af den helt aktuelle trafiksituation anvender hver lokalenhed ligeledes information fra alle tilstødende signalanlæg. Der tages ligeledes hensyn til den aktuelle signalstatus i det centrale samt de tilstødende signalanlæg.

På baggrund af de ovennævnte observationer og beregninger bestemmes den umiddelbart mest hensigtsmæssige signalindstilling for de næste ca. 2 minutter, og ordre om signalstyringen i det enkelte signalanlæg for de næste tre sekunder udsendes. Ud over, at den lokale costfunktion optimeres, tages der også her højde for, hvilke afvigelses der er i forhold til referencesignalplanen samt afvigelses fra den signalstyring, der blev bestemt i forrige iteration.

Signalstyringen

Selve signalstyringen foregår som fasestyring, dvs. at de enkelte foruddefinerede signalfaser kan være fast indkoblet eller kan indkobles efter anmeldelse. Enhver signalfase tildeles en minimumstid og en maksimumstid. Den adaptive signalstyring forsøger at lægge de enkelte grøntidsbånd og faserens længde i forhold til de beskrevne optimeringsprocedurer og optimeringskriterier.

Detektorsystem

Det væsentligste grundlag for signalstyringen er, at systemet er udstyret med tilstrækkelige målepunkter. Der benyttes et forholdsvis simpelt opbygget detektorsystem til estimering af trafikken i systemet. Som udgangspunkt udstyres frafarterne i hvert kryds med spoler (én spole pr. kørespor), der samtidig benyttes som tilfartsspoler i det efterfølgende kryds. Hvis der er tale om et kryds uden tilstødende SPOT-kryds i alle retninger, etableres nye tilfartsspoler. Spoler der benyttes til SPOT-styringen måler såvel trafikintensitet (antal køretøjer) som belægningsgrad (passagetid). Hertil kommer separate anmeldespoler i visse af signalanlæggene til anmeldelse/forlængelse af nogle signalfaser/signalgrupper.

Der er etableret ca. 130 detektorspoler til varetagelse af den adaptive signalstyring.

Systemopbygning for UTOPIA/SPOT på Centrumforbindelsen

Den nødvendige indbyrdes kommunikation mellem styreapparaterne sker hovedsageligt via de eksisterende synkroniseringskabler, som i dette område er parsnødede vaselinekabler. Fra tre styreapparater etableres APL-linier til centralen, der placeres hos Vej og Park i Njalsgade.

I hvert styreapparat indsættes SPOT-hardwaren (kredskort og kommunikationsudstyr) med tilhørende software.

Status

På nuværende tidspunkt er alle detektorspoler og kommunikationslinier etableret. Signalentreprenøren er ved at installere udstyret i de enkelte styreapparater. Syste-

met forventes fuldt implementeret og prøvedrift afholdt i løbet af efteråret.

Indkøring af systemet

For at kunne foretage justeringer og ændringer i systemet med tilstrækkelig overblik over konsekvenserne, foretages der simulation af den adaptive signalstyring ved hjælp af værktøjet Vissim. Kalibrering af trafikmodellen i Vissim sker på baggrund af krydstællinger på 5. min. niveau og med de eksisterende signalindstillinger. Med disse parametre er der tidligere i projektførløbet foretaget simulation, som vurderes i forhold til virkeligt oplevede rejsetider og til dels kølængder.

Det forventes, at den mest optimale indstilling hurtigere kan opnås, samt at der er mulighed for at afprøve flere alternativer og forskellige indstillinger af prioriteringer og vægtninger. Dette kan vise sig

særdeles nyttigt ved test af doseringsfunktioner, signalafvikling på strækninger med kort indbyrdes afstand mellem signalanlæggene samt ikke mindst ved undersøgelsen af at etablere "grøn bølge" gennem udvalgte delstrækninger.

Evaluerings af projektet

Analyse af systemets effekter vil som tidligere beskrevet fokusere på biltrafikken. Der vil blive foretaget før- og efteranalyse af rejsetider på udvalgte ruter gennem området, herunder hovedruten mellem Amagermotorvejen og Teglholtsgadekrydset. Rejsetiderne skal sammenholdes med nye trafiktællinger for at analysere, om projektet medfører en trafikstigning gennem området. Herudover vil trafiksimuleringen i Vissim blive anvendt ved nærmere studier af de trafikale deleffekter. ■