

Vurdering af metoder til kapacitetberegning af signalreguleret kryds

Mostaan Hashemi
Aalborg Universitet
2014



دل گر چه درین بادیه بسیار شتافت

یک موی ندانست و بسی موی شکافت

گرچه ز دلم هزار خورشید بتافت

آخر به کمال ذره‌ای راه نیافت

ابوسعید فضل‌الله بن ابوالخیر

"Knowledge is so great and that you will seek all your life only finding the small drop in the ocean." Abu Said Abulkhayr

Titel:

Vurdering af metoder til kapacitetsberegning af signalreguleret kryds

Tema:

Afgangsprojekt

Projektperiode:

Februar 2014 - Oktober 2014

Forfatter:

Mostaan Hashemi

Vejleder:

Harry Lahrman

Oplagstal: 4 stk.

Appendiks sideantal: 15

Total sideantal: 75

Afsluttet den:

31-10-2014

Synopsis:

Dankap er et pc-software udviklet af Vejdirektoratet til at udføre beregningsmetoderne fra vejreglerne for kapacitet og serviceniveau. I dette projekt analyseres og vurderes anvendeligheden af metoderne for kapacitetsberegning i Dankap sammenlignet med en "ground truth" for et firbenet tidsstyret signalreguleret kryds. Analysen gennemføres på et kryds med kapacitetsproblemer i Aalborg. I første del af analysen etableres igennem videooptagelser en "ground truth", som repræsenterer den nuværende trafikale situationen i krydset. Der registreres trafikmængder, forsinkelser og kølængder. I anden del af analysen foretages på baggrund af de registrerede trafikmængder kapacitetsberegning i Dankap af krydset. De beregnede forsinkelser og kølængder sammenlignes med "ground truth". Afslutningsvis vil resultaterne fra analysen danne grundlag for vurdering og diskussion af anvendeligheden af Dankap.

Abstract

In this study the PC-software Dankap, developed by The Danish Road Directorate to estimate the capacity and level of service for roads, is evaluated. The primary goal of the study is to analyse and compare Dankap's method of calculation for traffic capacity to a ground truth for a signalized intersection. An intersection in Aalborg was chosen for the analysis. Video observations of the intersection was used to measure the current traffic volumes, delays, and queue lengths to establish the ground truth. Then Dankap was used to calculate the traffic capacity of the intersection based on the observed traffic volume. These calculations and the ground truth were then compared to evaluate the usability of Dankap.

The result of the analysis showed that Dankap deviates from ground truth. Dankap overestimates the queue length and delay when the traffic intensity is high, the value of B greater than 1. Furthermore the results show that the queue length in Dankap is dependent on traffic intensity and capacity. The value of delay in Dankap is dependent on the value of t_2 , which makes a bigger part of the delay value when the traffic intensity is high.

Forord

Dette projekt er udarbejdet af Mostaan Hashemi 4. semester på kandidat uddannelsen Vej og trafik ved Aalborg Universitet. I projektet er der anvendt en række programmer til beregninger og illustrationer, som omfatter:

- LibreOffice
- Dankap
- Lyx
- VLC player

Projektet er skrevet i skriveprogrammet Lyx skriftstørrelse 12. Litteraturhenvisninger er opstillet efter Harvard-metoden, hvilket betyder at forfatterens efternavn og udgivelsesår fremtræder efter det skrevne, eksempelvis [Jensen, 2014].

Figurer, formler og tabeller er nummereret efter kapitel nummer, f.eks. figur 7.1 befinder sig i kapitel 7.

Jeg vil rette en stor tak til min vejleder Harry Larhmann for god sparring og vejledning. Til sidst vil jeg takke min familie og Aadina for stor opbakning og tålmodighed, som de har vist gennem den tid jeg har brugt på projektet.

Indhold

Indhold	iv
1 Indledning	1
2 Problemformulering	3
2.1 Afgrænsning	3
3 Krydsets udformning	5
3.1 Fysisk udformning	5
3.2 Signalgruppeplan	9
3.2.1 Morgenprogram P1 og eftermiddagsprogram P2	9
3.2.2 Dagprogram P3	10
3.2.3 Natprogram P4	11
4 Beregningsmetoder for kapacitetsberegning af signalregulerede kryds	13
4.1 Tidsgabteori	13
4.2 Gængse beregningsmetoder for kapacitetsberegning af signalregulerede kryds	14
4.2.1 Kapaciteten i de enkelte kørespor	15
4.2.2 Middelforsinkelse	16
4.2.3 Kølængde	16
4.3 Kapacitetsberegning for signalregulerede kryds i Dankap	18
5 Metode	25
5.1 Videoobservationer	25
5.2 Krydstælling	27
5.3 Registrering af kølængder	27
5.4 Forsinkelsestid	29
6 Krydstællings resultater	31
6.1 Beregningsperioder	31
6.2 Fordeling af køretøjer	32
7 Ground truth (Virkeligheden)	35
7.1 Registrering af kølængde	35
7.1.1 Resultater	36
7.2 Forsinkelsestid	36
7.2.1 Resultater	36
8 Beregninger af krydset i Dankap	39
8.1 Fremgangsmåde	39
8.2 Resultater	40
9 Diskussion og sammenligning	43
10 Konklusion	47
11 Perspektivering	49
Litteratur	51
A Bilag	54

1. Indledning

I takt med den stigende trafik på de danske veje er behovet for beregning af kapaciteten steget.

Kapaciteten i trafikmæssige sammenhæng defineres som den største intensitet, der afvikles på en strækning under normale forhold. I dag er der udviklet adskillige trafikmodeller til beregning og vurdering af kapacitet. Modellerne er også anvendelige til beregning af kapacitet for signalregulerede kryds såvel på makroskopisk som mikroskopisk niveau. Trafikmodellerne er simplificerede udgaver af virkeligheden, der anvendes til at give kvalificerede vurderinger af kapaciteten.

Modellerne er langt fra ens, derfor findes det nødvendigt at skelne mellem dem. Trafikmodellernes kan inddeles i tre grupper, efter detaljeringsniveauet hos dem. De tre grupper inddeles i hhv. makro-, meso- og mikroniveau.

Makroniveau omfatter trafikmodeller for lands- eller regionalt plan. Mesoniveau dækker over parametre som kapacitet, rutevalg og simpel billistadfærd. Mikroniveau indeholder større detaljeringsgrad for de enkelte bilister og lokale trafiksituationer. Disse modeller er i de senere år indarbejdet i forskellige analyseværktøjer.[Larhmann and Leleur, 1994]

På mikroniveau findes mikrosimuleringsmodeller, som er indarbejdet i mikrosimulerings værktøjer, eksempelvis VISSIM. Ved mikroskopisk niveau betragtes de enkelte køretøjer samt dens køreadfærd over tid og sted. Typisk indeholder mikrosimulerings værktøjer stokastiske beregningsmodeller som giver stor detaljeringsgrad og fleksibilitet mht. inputparametre.

På makroniveau beregner modellerne trafikken ved gennemsnitsbetragtninger over en beregningsperiode, for eksempel belastningsgrad og gennemsnitshastighed i en spidstime og lignende. Yderligere behandles trafikstrømme samlet ved beregninger på makroniveau. Typisk er trafikmodellerne for makroniveau deterministiske, dvs. samme inputparametre altid giver de samme resultater.[Vejreglerådet, 2010b]

I Danmark anvendes vejreglerne til beregning af vejens kapacitet og serviceniveau på makroniveau. Vejregelhæftet [Vejreglerådet, 2010b] indeholder trafikmodeller til beregning af kapaciteten for knudepunkter og strækninger på et makroskopisk niveau. Beregningsmetoderne fra vejregelhæftet er indarbejdet i beregningsprogrammet Dankap, som anvendes til beregninger ved enkeltstående vejanlæg.

I det følgende præsenteres de overvejelser som danner grundlag for problemformuleringen.

2. Problemformulering

I Danmark er det velkendt at vejregelhæftet [Vejregelrådet, 2010b] benyttes som vejledning til analyse og beregning af kapacitet for signalregulerede kryds. Vejregelhæftet har en række beregningsmetoder til manuel beregning af kapacitet, belastningsgrad, hastighed, forsinkelse og kødannelse for forskellige typer vejanlæg såsom signalregulerede kryds, prioriterede vejkryds, rundkørsler osv.. Beregningsmetoderne er opbygget af makroskopiske analysemodeller baseret på erfaringsmateriale. Disse beregningsmetoder er implementeret i pc programmet Dankap.

Dankap er udviklet af Vejdirektoratet, og udfører samme beregninger svarende til vejregelhæftets beregningsprincipper. Opbygningen af Dankap og benyttelsen heraf er forholdsvis simpel. Dette har haft betydning for anvendelsen af Dankap af fagfolk i Danmark, da programmet er anvendt til simplificerede beregninger af kapacitet i vejanlæg. [Vejregelrådet, 2010b]

Dog er det velkendt at Dankap har nogle svagheder, [Muhsen et al., 2014] har påvist nogle af dem. I rapporten er der foretaget en analyse af Dankap, hvor resultaterne herfra sammenlignes med opmålte data. Det konkluderes i rapporten at resultaterne fra Dankap og opmålte data ikke stemmer overens, samt at programmet ikke har taget højde for belastningsgrader større end 0,9.

Endvidere kan Dankap kun beregne med tidsstyret signalanlæg, og dette kan gøre det svært at arbejde med trafikstyret signalanlæg. [Vejregelrådet, 2010b]

Med de nævnte problematikker taget i betragtning ønskes det i dette projekt at undersøge:

Hvilke forskelle er der mellem beregningsmetoderne til kapacitetsberegning af tidsstyret signalregulerede kryds i Dankap og observationer fra virkeligheden? Hvad er årsagen til eventuelle forskelle?

2.1 Afgrænsning

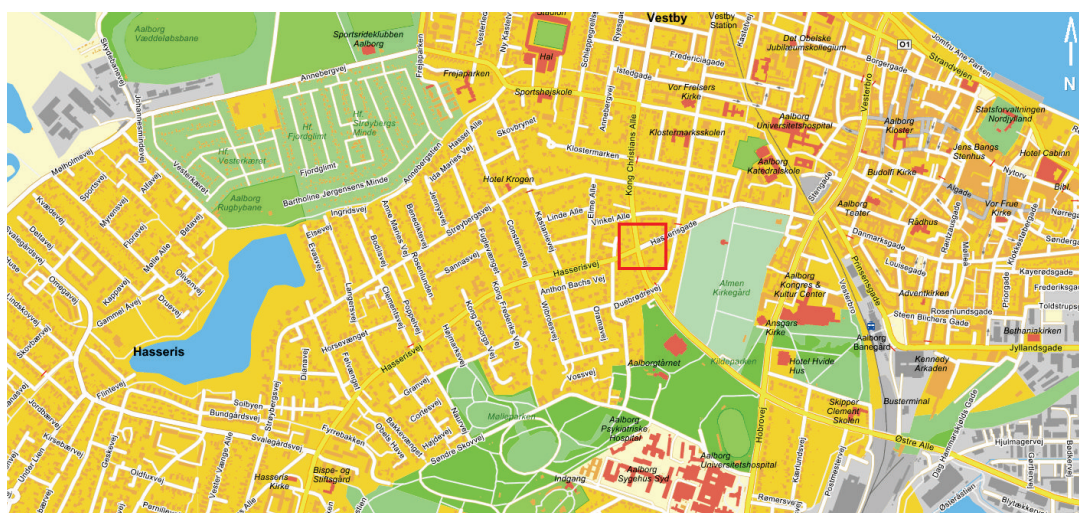
For at undersøge ovennævnte problemstilling forudsættes, at der findes et tidsstyret signalregulerede kryds, hvor vurderingen og analysen kan foretages.

I dette projekt foretages vurdering af beregningsmetoderne for kapacitet i Dankap i et firbenet tidsstyret signalreguleret kryds i Aalborg. Krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle er vurderet velegnet til dette formål, da krydset er tidsstyret og har kapacitetsproblemer se figur 2.1.

I første del af rapporten udføres dataindsamling ved hjælp af videoobservationer, hvor fordelingen af køretøjer samt bløde trafikanter findes. Dernæst laves en krydstælling hvor tre beregningsperioder findes, i myldertiden om morgenen og om eftermiddagen samt en beregningsperiode med lav trafik.

Herefter foretages en analyse af indsamlet data i de tre beregningsperioder. I første del af analysen etableres en "ground truth", hvor forsinkelsetiden og kølængden for alle vejgrene beregnes. Ground truth repræsenterer den nuværende trafikale situation i de tre beregningsperioder.

I den anden del af analysen beregnes kapaciteten af krydset i Dankap for de tre valgte beregningsperioder. Sluttelig sammenlignes beregningerne fra Dankap med ground truth ved at vurdere forsinkelsetiden og kølængden. Endvidere diskuteres årsagerne ved eventuelle forskelle mellem resultaterne.



Figur 2.1: Kort over valgte kryds Hasserisvej/Kong Chr. Alle. Krydset er markeret med rødt.[Krak, 2014]

3. Krydsets udformning

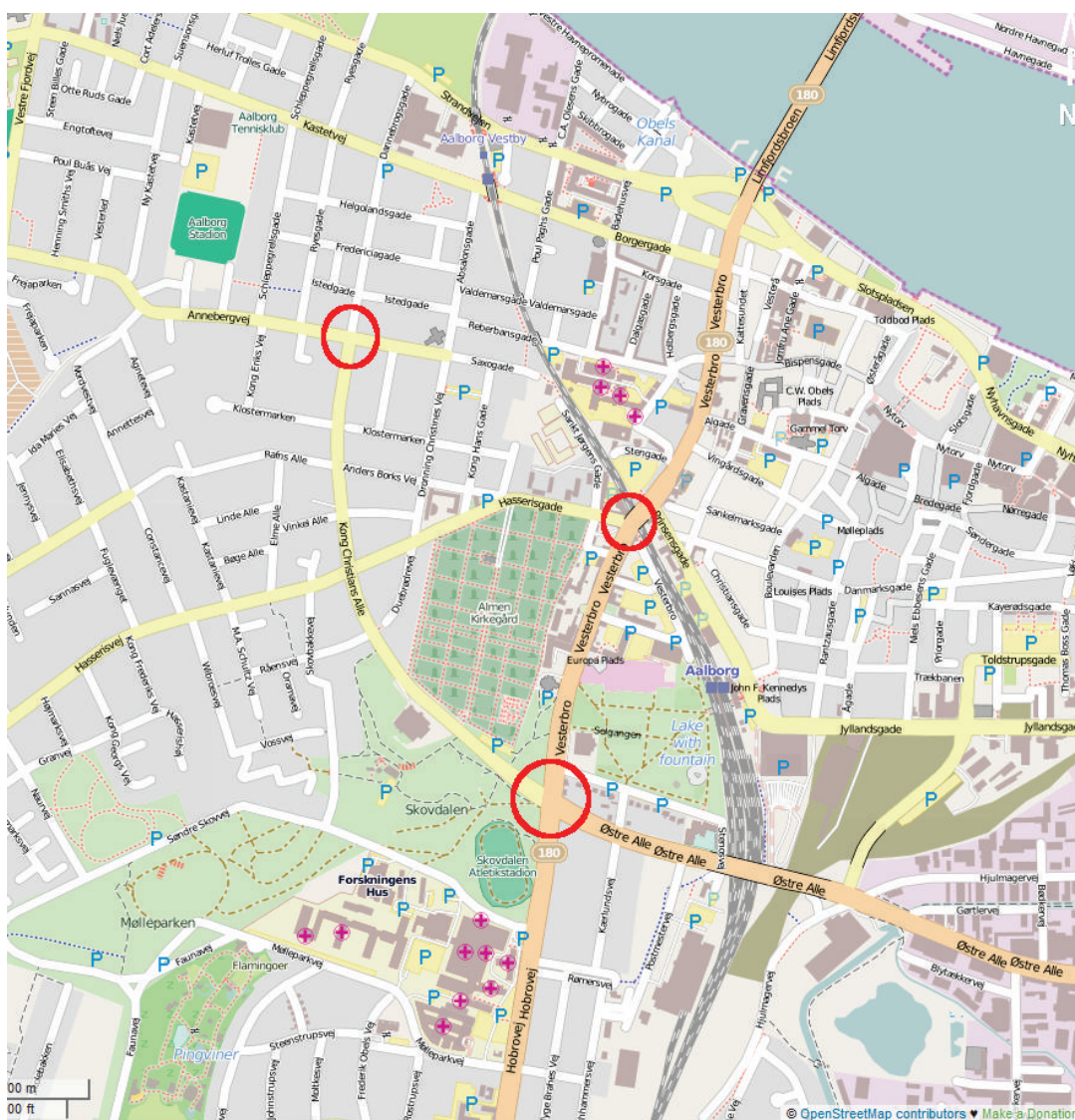
I dette kapitel bliver de fysiske forhold og udformningen af krydset Hasserisvej / Kong Chr. Alle beskrevet. Yderligere bliver signalgruppeplanen for krydset uddybet. Kapitlet har til formål at give en introduktion til krydset og dets udformning.

3.1 Fysisk udformning

Krydset Hasserisvej / Kong Chr. Alle er placeret i den østlige del af Hasseris, krydsets placering fremgår af figur 2.1 på modstående side. Krydset består af Hasserisvej og Kong Chr. Alle, begge veje kan betegnes som trafikveje, da begge veje afvikler trafik mellem større områder i Aalborg.

Efter krydset bliver Hasserisvej til Hasserisgade. Hasserisgade forløber mod Vesterbro og Aalborg centrum, se figur 3.1. Nord for Kong Chr. Alle eksisterer et signalregulerede kryds, som er samordnet med krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle, se figur 3.1.

Syd for krydset findes krydset Kong Chr. Alle/Vesterbro. Dette kryds forbinder Kong Chr. Alle med Vesterbro, som er en af de største trafikveje i Aalborg, som forbinder Aalborg med Nørresundby via Limfjordsbroen.



Figur 3.1: Nærliggende kryds markeret med rødt.

Hasserisvejs vejprofil består af cykelstier på begge sider, fortov samt fodgængerfelt og forløber fra indre Hasseris mod midtbyen. Hasserisvej er tosporet, udformningen ses på figur 3.2 og 3.3. Hasserisvej har ingen svingbaner, trods vejen er en trafikvej og spiller en vigtig rolle i hverdagen. Vejen forbinder Hasseris med midtbyen og fungerer som en direkte forbindelse til midtbyen. Vejen foretrækkes af mange trafikanter med gøremål i centrum.



Figur 3.2: Hasserisvej udformning østvestlig retning.[Google, 2014]



Figur 3.3: Hasserisvej mod midtbyen vestøstlig retning.[Google, 2014]

Kong Chr. Alle er også en tosporet vej bestående af venstresvingbaner, cykelsti, fodgængerfelt samt for-
tov, se figur 3.4 og 3.5. Kong Chr. Alle forløber fra Annebergvej i nord til Hobrovej/Vesterbro i syd. I
myldretiden benyttes Kong Chr. Alle af mange trafikanter til bolig-arbejde transport, herudover fungerer
vejen som forbindelse mellem Hasserisvej og midtbyen.



Figur 3.4: Kong Chr. Alle udformning nordsydlig retning.[Google, 2014]



Figur 3.5: Kong Chr. Alle sydnordlig retning. [Google, 2014]

3.2 Signalgruppeplan

I dette afsnit bliver signalgruppeplanen for det valgte kryds beskrevet. Yderligere bliver de enkelte programmer for signalanlægget introduceret.

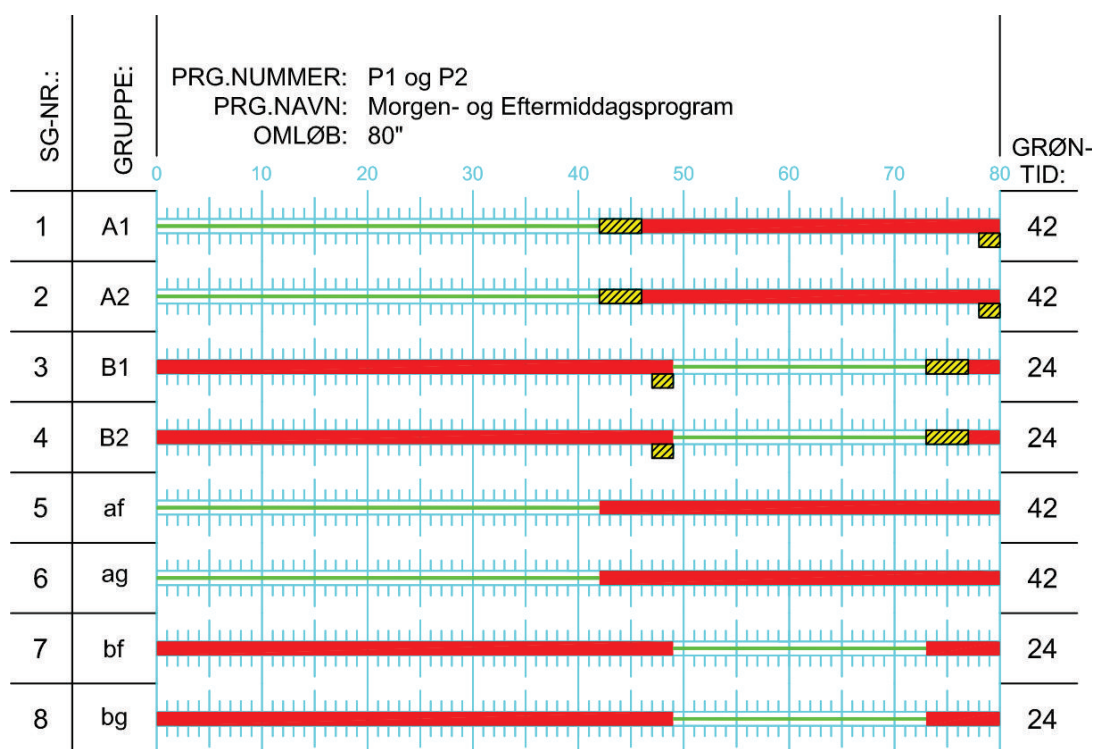
Kryds mellem Hasserisvej og Kong Chr. Alle har et tidstyret signalanlæg. Signalgruppeplanen for krydset består af 4 forskellige programmer med faste omløbstider:

- P1 morgenprogram
- P2 eftermiddagsprogram
- P3 dagprogram
- P4 natprogram

3.2.1 Morgenprogram P1 og eftermiddagsprogram P2

Morgenprogrammet P1 og eftermiddagsprogrammet P2 er identiske og kører i hverdage i myldretiden om morgenen kl. 7.20-9.00 samt om eftermiddagen kl. 15.20-17.00 [Kommune, 2014]. Signalgruppeplanen for P1 og P2 består af en fast omløbstid på 80 sekunder, med 2 grønfasen på hhv. 42 sekunder for Kong Chr. Alle og 24 sekunder for Hasserisvej. Signalgrupperne A1 og A2 tilhører Kong Chr. Alle, mens signalgrupperne B1 og B2 tilhører Hasserisvej, se figur 3.6 og figur A.1 på side 54. Endvidere er mellemtiderne for Kong Chr. Alle og Hasserisvej på 7 sekunder.

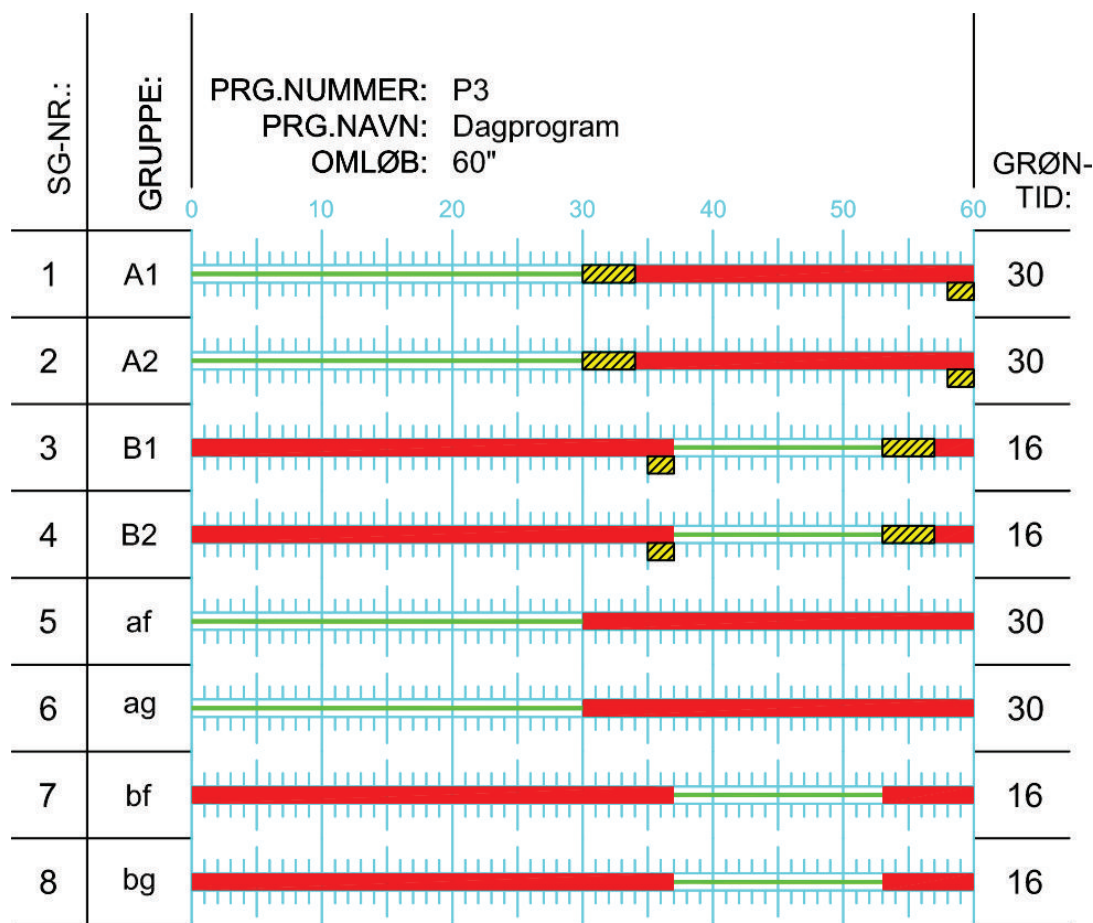
Fodgængerne har et separat signalgruppe for hhv. Hasserisvej og Kong Chr. Alle. Signalgruppeplanerne for Hasserisvej betegnes "af" og "ag", mens signalgruppeplanerne for Kong Chr. Alle er "bf" og "bg". Disse har en grøntid på 42 sekunder for Kong Chr. Alle og 24 sekunder for Hasserisvej.[Kommune, 2014]



Figur 3.6: Signalgruppeplan for myldretiderne P1 om morgenen og P2 om eftermiddagen.[Kommune, 2014]

3.2.2 Dagprogram P3

Dagprogrammet for krydset har en omløbstid på 60 sekunder og kører mellem morgenprogrammet P1 og eftermiddagsprogrammet P2, kl. 9.00-15.20. Kong Chr. Alle har en grøntid på 30 sekunder og Hasserisvej har 16 sekunders grøntid i signalgruppeplanen. Mellemtiderne for Hasserisvej og Kong Chr. Alle er på 7 sekunder i dagprogrammet. Yderligere har dagprogrammet ligesom myldretidsprogrammerne signalgruppe for fodgængere, se figur 3.7 på modstående side.[Kommune, 2014]

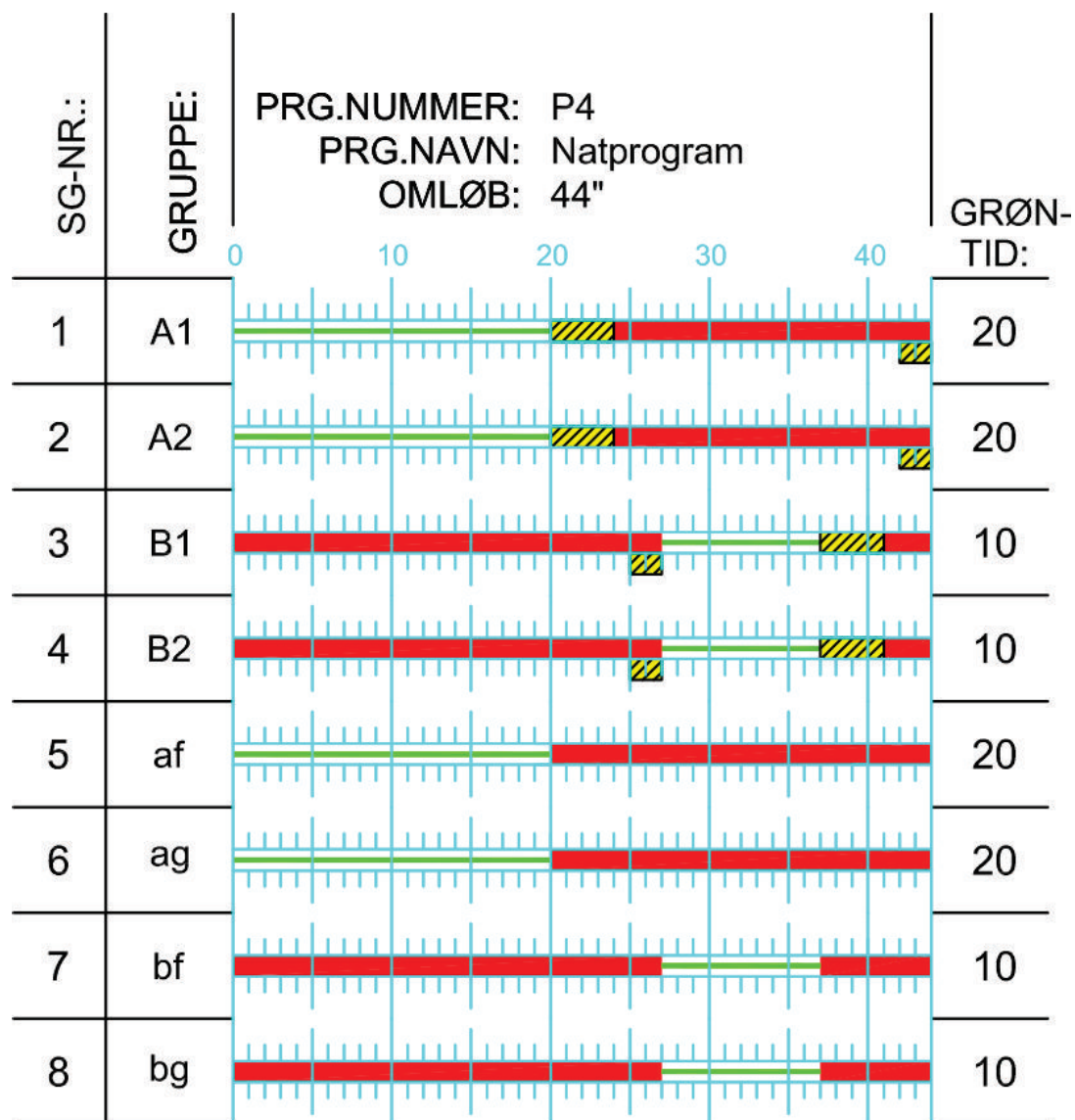


Figur 3.7: Dagprogram P3 for krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle.[Kommune, 2014]

3.2.3 Natprogram P4

Natprogrammet for krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle kører efter eftermiddagsmyldretiden til morgenmyldretiden, kl. 17.00-7.20. Signalgruppeplanerne for natprogrammet har en lavere omløbstid end de andre signalprogrammer, som er på 44 sekunder.

Kong Chr. Alle har 20 sekunder grøntid og 7 sekunder mellemtid, mens Hasserisvej har en grøntid på 10 sekunder og samme mellemtid. Fodgængerne for de nævnte veje har samme grøntider og mellemtider, se figur 3.8 på næste side.



Figur 3.8: Natprogram P4 for krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle.[Kommune, 2014]

4. Beregningsmetoder for kapacitetsberegning af signalregulerede kryds

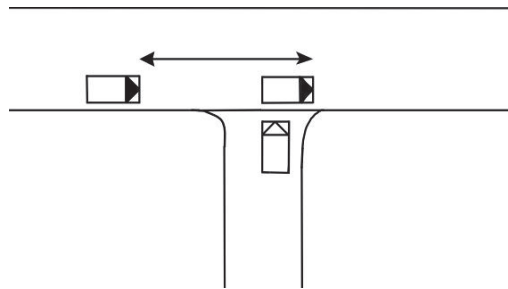
Dette kapitel indeholder teorien bag kapacitetsberegning for signalregulerede kryds samt programmet Dankap, som er anvendt i projektet. Kapitlet tager udgangspunkt i vejregelhæftet Kapacitet og serviceniveau. Endvidere bliver de 6 forskellige trin i Dankap, fra projekt valg til resultater gennemgået.

4.1 Tidsgabteori

Tidsgabteorien danner grundlag for kapacitetsberegning for signalregulerede kryds. Køresporets kapacitet samt trafikstrømmens grundlæggende kapacitet afhænger af parametre, som stammer fra tidsgabteorien. [Vejregelrådet, 2010b]

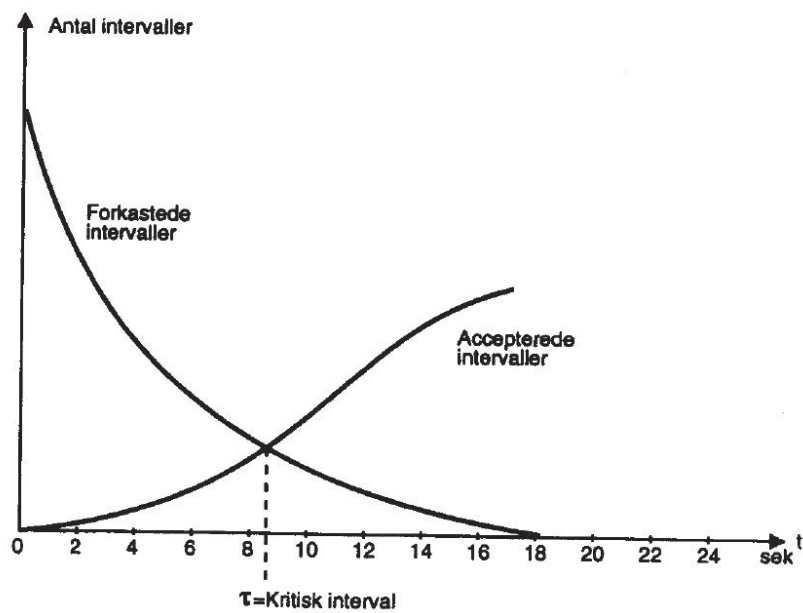
I tidsgabteorien benyttes to parametre til at beskrive trafikanternes adfærd i et kryds. De to parametre er passagetiden τ og det kritiske interval δ .

Det kritiske interval δ er det mindste interval eller gab, der skal være mellem køretøjer i den overordnede trafikstrøm, før en trafikant fra et tilfartspor vælger at foretage en svingmanøvre. Dette er illustreret på figur 4.1. Det kritiske interval kan variere for de enkelte trafikanter, da det afhænger af trafikanternes køreadfærd. [Vejregelrådet, 2010b]



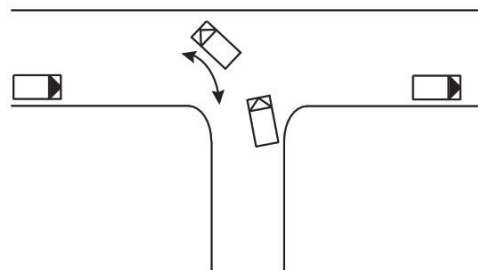
Figur 4.1: Det kritiske interval. [Vejregelrådet, 2010b]

I praksis findes det kritiske interval ved at optælle tidsintervallerne, og opdele dem i forkastede intervaller og accepterede intervaller som der køres frem i. Ved at optegne disse to intervaller findes det kritiske interval se figur 4.2, som skæringspunktet mellem de to optegnet kurver. [Larhmann and Leleur, 1994]



Figur 4.2: Opmåling af kritiske interval.[Larhmann and Leleur, 1994]

Passagetiden ofte betegnet τ er det tidsinterval, hvor flere køretøjer kan køre ud i krydset, når afstanden mellem køretøjerne i den overordnede trafikstrøm er stor nok. Dette er illustreret på figur 4.3. I tilfælde af kø i et tilfartspor er passagetiden, den tid som det tager to køretøjer at køre ud i krydset.[Vejreglerådet, 2010b]



Figur 4.3: Passagetid.[Vejreglerådet, 2010b]

4.2 Gængse beregningsmetoder for kapacitetsberegning af signalregulerede kryds

I dette afsnit gennemgås de gængse metoder for kapacitetsberegning, som anvendes i Danmark. Metoderne kan findes i vejregelhæftet [Vejreglerådet, 2010b]. I det følgende er [Vejreglerådet, 2010b] nævnt som vejreglen eller vejregel. I vejreglen nævnes det, at metoderne for kapacitetsberegning af signalregulerede kryds kan anvendes til beregning af tidsstyret signalanlæg. Dog kan metoderne anvendes til vurdering af hvordan trafikken afvikles i et trafikstyret signalanlæg.

Til beregning af kapacitet i signalregulerede kryds anvendes typisk følgende parametre:

- Beregningsperiodens længde i sekunder(spidstime eller spidskvarter).

- Dimensionsgivende trafikintensiteter i de enkelte trafikstrømme i krydset.
- Køretøjernes ankomstfordeling (tilfældigt eller grupperet).
- Antal kørespor i krydsets vejgrene.
- Signalreguleringens faser.
- "Hvor mange sekunder grøntiden i fodgænger- og cyklistsignaler ligger forskudt i forhold til grøntiden for højresvingende trafik i de tilfælde, hvor højresvingende motortrafik skal vige for cyklister/fodgængere i grøntiden." [Vejregelrådet, 2010b]

Ved kapacitetsberegning anbefales det i vejreglen at følge disse trin:

1. "Beregning af kapaciteten i de enkelte kørespor." [Vejregelrådet, 2010b]
2. "Beregning af trafikanternes middelforsinkelse (udtrykt i sekunder pr. køretøj) i det enkelte kørespor." [Vejregelrådet, 2010b]
3. "Vurdering af kødannelserne i signalkrydsets kørespor til brug i situationer, hvor andre kryds ligger tæt på signalkrydset, eller ved korte svingspor." [Vejregelrådet, 2010b]

Til vurdering af serviceniveauet i signalregulerede kryds anvendes middelforsinkelsen i køresporene samt kølængder på de enkelte spor. Ved tilfartsspor anvendes middelforsinkelsen pr. køretøj til vurdering af serviceniveauet.

4.2.1 Kapaciteten i de enkelte kørespor

Køresporets kapacitet er det maksimale antal køretøjer pr. tidsenhed, som kan afvikles i de enkelte kørespor i signalregulerede kryds. Køresporets kapacitet beregnes således [Vejregelrådet, 2010b]:

$$N_{Max,Kt} = \frac{G \cdot Egr \cdot of}{O} \quad (4.1)$$

hvor

$N_{Max,Kt}$	er køresporets kapacitet i [køretøjer/T]. T er længden af den periode hvor kapacitetsberegningen for et kryds forgår i, f.eks. spidstimen, spidskvarteret. T måles i sekunder.
G	er grundlæggende kapacitet [pe/T].
Egr	er køresporets effektive grøntid [sek.].
of	er omregningsfaktor fra pe/T til køretøjer/T.
O	er signalreguleringens omløbstid [sek.].

Det ses i udtryk 4.1 at køresporets kapacitet afhænger af køresporets grundlæggende kapacitet, effektive grøntid samt signalreguleringens omløbstid. I tilfælde af at køresporet har en strømretning vil køresporets kapacitet og køresporets grundlæggende kapacitet være lig hinanden.

Den effektive grøntid i udtrykket 4.1 er grøntiden i de enkelte spor plus 1 sekund, da dette sekund benyttes til kørsel. [Vejregelrådet, 2010b]

Den grundlæggende kapacitet G nævnt ovenfor beregnes således:

$$G = \frac{T \cdot kf}{\delta} \quad (4.2)$$

hvor

δ	er passagetiden nævnt i afsnit 4.1.
T	er beregningsperioden målt i sekunder [sek.].
kf	er korrektionsfaktoren, som anvendes ved en venstresvingende trafikstrøm med vigepligt for andre køretøjer. Dette afhænger af det kritiske interval og passagetiden.

4.2.2 Middelforsinkelse

Middelforsinkelsen i det enkelte kørspektor afhænger af om et kryds er samordnet med andre kryds f.eks. i en grønbløge. En samordning kan have betydning for, hvor mange køretøjer der ankommer i grøntid. En god samordning mellem flere kryds har betydning for forsinkelsen, da en god samordning medfører mindre forsinkelse. I vejreglen [Vejreglerådet, 2010b] er formelen for beregning af middelforsinkelsen i et kørspektor givet ved:

$$t_m = kf_{At} \cdot t_1 + t_2 \quad (4.3)$$

hvor

kf_{At} er korrektionsfaktoren for ankomsttyper. Faktoren korrigerer t_1 for hvordan køretøjerne ankommer til et kryds.

t_m er middelforsinkelsen i [sekunder/køretøj].

t_1 i 4.3 er den del af middelforsinkelsen, som tager højde for at køretøjerne ankommer jævnt fordelt i løbet af et omløb, samt at alle køretøjer som ankommer i løbet af et omløb kan nå at køre ud af krydset igen [Vejreglerådet, 2010b]. Formlen for t_1 afhænger af belastningsgraden og er givet ved:

$$t_1 = \frac{(O - Egr)^2}{2(O - B \cdot Egr)} \text{ for } B < 1 \quad (4.4)$$

og

$$t_1 = 0.5(O - Egr) \text{ for } B \geq 1 \quad (4.5)$$

hvor

O er omløbstiden for signalet i sekunder.

B er kørspektors belastningsgrad $B = \frac{N_m}{N_{max}}$, forholdet mellem trafik og kørspektors kapacitet. [Vejreglerådet, 2010b]

Egr er den effektive grøntid.

Udtrykkene 4.4 og 4.5 tager ikke højde for, om køretøjer kan ankomme tilfældigt til et kryds, og at ankomsten kan være påvirket af en samordning mellem flere kryds. Ved at korrigerer t_1 med kf_{At} tages der højde for hvordan køretøjer ankommer til krydset og at krydset kan være samordnet med andre kryds. [Vejreglerådet, 2010b]

Ved lave belastningsgrader er det $t_1 \cdot kf_{At}$, som vil dominere middelforsinkelsen t_m . I køteorien forstås dette som køretøjernes opholdstid ved forreste position i en kø, og ofte er antallet af køretøjer i en kø ved lave belastningsgrader ikke større end et ventende køretøj. [Vejreglerådet, 2010b]

t_2 i udtrykket 4.3 er den del af forsinkelsen, som tager højde for tilfældigheden ved ankomsten af køretøjer til et kryds. Dette beregnes ved:

$$t_2 = \frac{T}{4} \cdot ((B - 1) + \sqrt{(B - 1)^2 + \frac{4 \cdot B}{N_{Max,Kt}}}) \quad (4.6)$$

hvor

T er beregningsperiodens længde i sekunder.

B er kørspektors belastningsgrad. [Vejreglerådet, 2010b]

$N_{Max,Kt}$ er kapacitet i køretøjer/T.

Ved høje belastningsgrader er det forsinkelsen t_2 , som dominerer middelforsinkelsen t_m . I teorien forstås t_2 som opholdstiden bag forreste position i en kø. Årsagen hertil er at ved høje belastningsgrader er køen langvarig og flere køretøjer holder i kø. [Vejreglerådet, 2010b]

4.2.3 Kølængde

Kølængden, i de enkelte kørspektor er i vejreglen [Vejreglerådet, 2010b], beregnet som overskridelse $p\%$ af omløbene i beregningsperioden, og betegnes $n_p\%$. Ofte er kølængden en overskridelse på 5% eller 1% af

omløbene i beregningsperioden, som bliver anvendt i praksis. Ved vurdering af kølængden sammenlignes kølængderne med længden af svingspor og afstanden til bagvedliggende kryds. [Vejregelrådet, 2010b]

I vejreglen [Vejregelrådet, 2010b] beregnes de nævnte fraktiler af en gennemsnitlige kølængde n_{gen} . Den største gennemsnitlige kølængde pr. omløb er givet ved hhv. et liberalt skøn:

$$n_{gen} = \frac{of \cdot N \cdot (O - Egr)}{T \cdot (1 - y)} \quad (4.7)$$

Og et konservativt skøn:

$$n_{gen} = \frac{of \cdot N \cdot O}{T} \quad (4.8)$$

hvor

- T er beregningsperiodens længde i sekunder.
- of er omregningsfaktoren fra pe/T til køretøjer/ T .
- N er trafikintensiteten i køresporet [pe/T].
- O er omløbstiden for signalet.
- Egr er den effektive grøntid.
- y er strømforholdet og er givet ved forholdet mellem N og den grundlæggende kapacitet.

Ved en belastningsgrad mindre end 1 er den sande værdi af n_{gen} mellem det liberale og det konservative skøn. Ved belastningsgrad større end 1, bliver det konservative skøn, 4.8, anvendt. [Vejregelrådet, 2010b]

Kølængden $n_p\%$ beregnes på to forskellige måder [Vejregelrådet, 2010b]:

- For belastningsgrad er mindre end 1.
- For belastningsgrad større end eller lig med 1.

Ved belastningsgrad som er mindre end 1 anvendes dette udtryk:

$$p = 100 \cdot \left[1 - \left(\sum_{i=0}^{n_p\%} P(i) \right)^2 \right] \quad (4.9)$$

hvor det er antaget at køretøjernes ankomst er Poissonfordelt og sandsynligheden $P(i)$ er givet ved:

$$P(i) = \frac{(n_{gen})^i \cdot e^{-n_{gen}}}{i!}$$

Ved belastningsgrad større end eller lig med 1 anvendes følgende udtryk:

$$n_p\% = (of \cdot N - N_{max,Kt}) + n_p\%^*$$

hvor

- of er omregningsfaktoren fra pe/T til køretøjer/ T .
- $n_p\%$ er kølængden.
- $n_p\%^*$ er kølængden som aflæses på figur A.15 på side 68.
- n_{gen} "er den gennemsnitlige kølængde i beregningsperioden". [Vejregelrådet, 2010b]
- $N_{max,Kt}$ er køresporets kapacitet.

Af modellerne fremgår at kølængden findes ved iteration. I følge [Vejregelrådet, 2010b] er modellerne fra canadiske undersøgelser. Her er en tilnærmelse forsøgt givet for kødannelser i signalregulerede kryds.

4.3 Kapacitetsberegning for signalregulerede kryds i Dankap

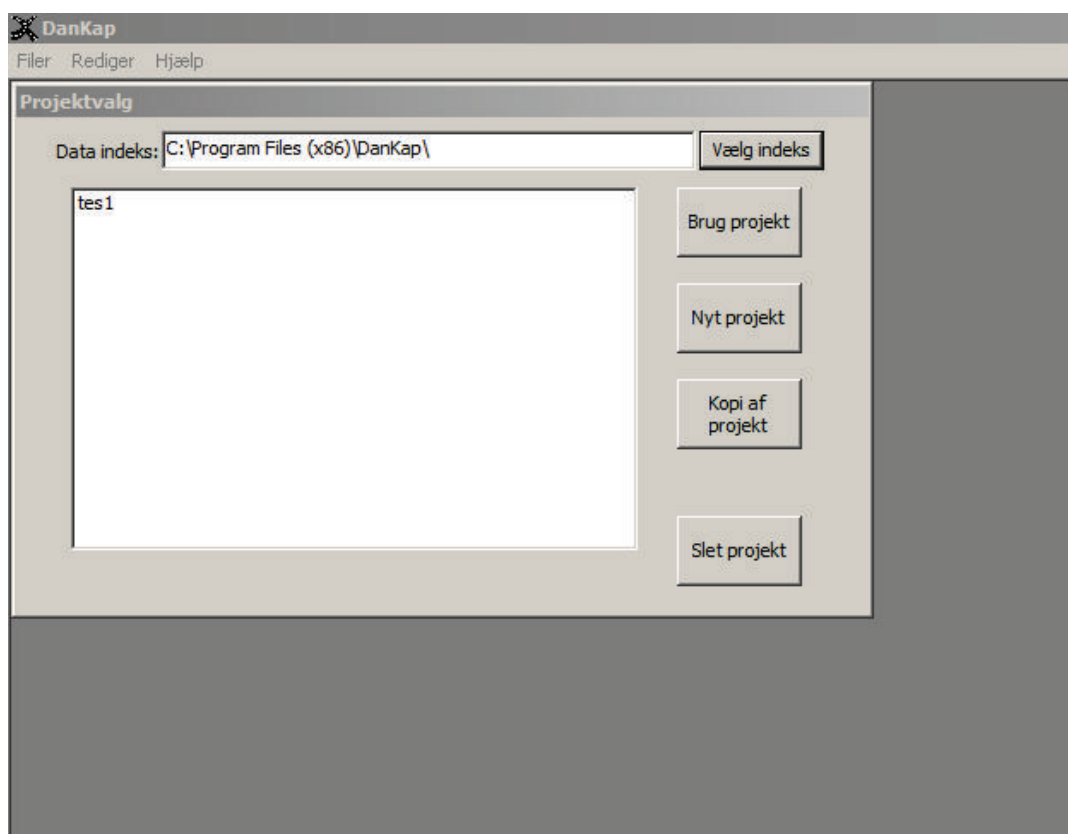
Dankap er et pc-software udviklet af Vejdirektoratet til at udføre beregningsmetoderne fra vejreglerne for kapacitet og serviceniveau [Vejregelrådet, 2010b]. Dette indebærer også implementering af beregningsmetoderne til kapacitetberegning for signalregulerede kryds nævnt i afsnit 4.2. I det følgende vil programmet Dankap, og dets beregningstrin gennemgås.

Dankap findes i mange forskellige versioner, i dette projekt er Dankap version 2.4.84 anvendt.

Dankap har seks trin, hvor valg af vejanlæg og definition af parametre til en beregning forgår:

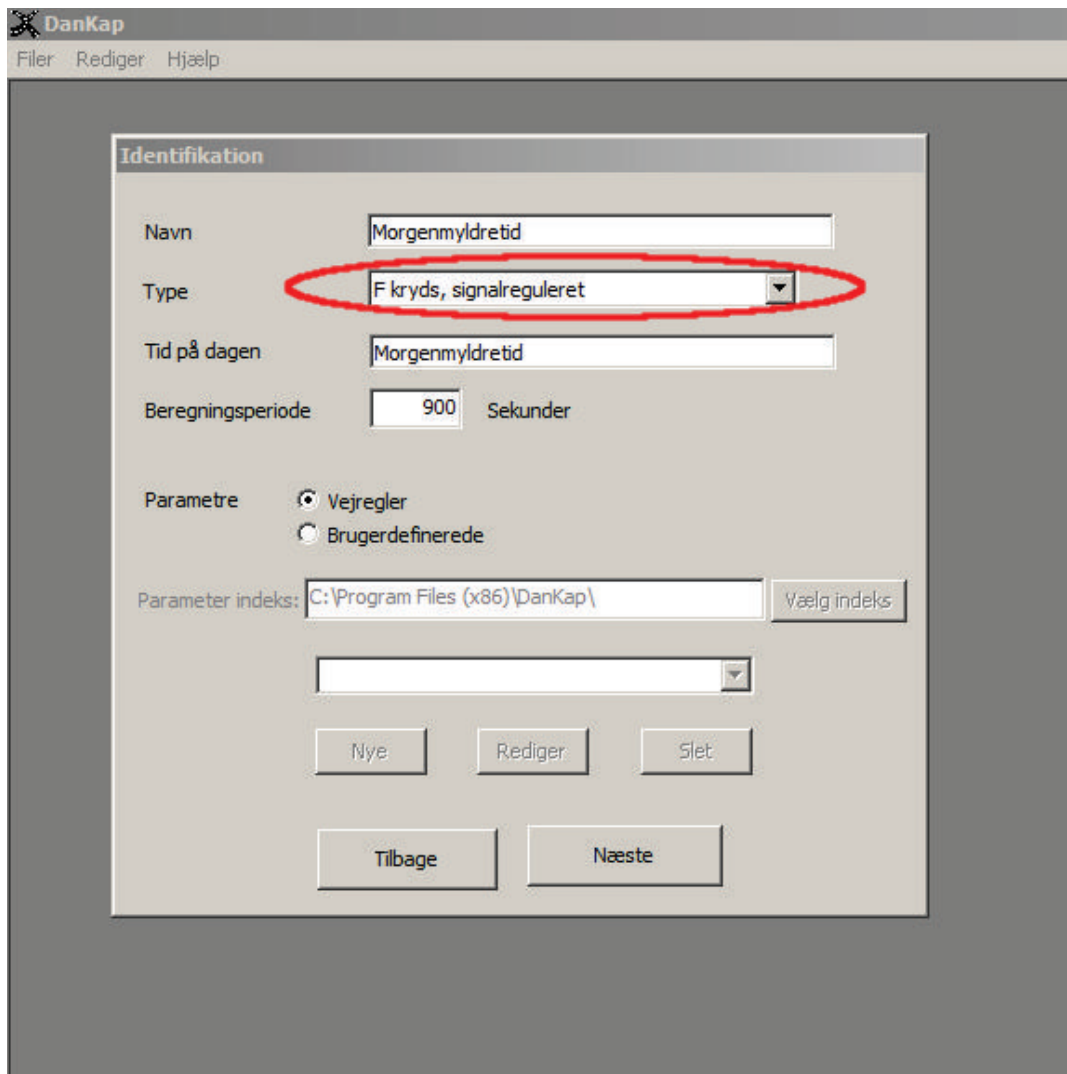
1. Projektvalg.
2. Valg af vejanlæg.
3. Vejanlægs geometri og trafik.
4. Signalprogram.
5. Faser , brugerdefineret tider og vigepligt.
6. Resultater.

Efter programmets opstart, er der mulighed for at vælge projekt samt navngive eller bruge gemte projekter se figur 4.4. Her er der mulighed for at oprette nye projekter, benytte gemte projekter samt at vælge sti til placering af et projekt.



Figur 4.4: Dankap projektvalg.

I andet trin i Dankap navngives projektet og der vælges hvilke type vejanlæg, der skal beregnes kapacitet på se figur 4.5. Her er mulighederne fri strækning, T-kryds, rundkørsel, flettestrækning osv. Endvidere vælges beregningsperiode samt hvilke parametre der skal anvendes til kapacitetsberegningen.



The screenshot shows the 'Dankap' software window with a menu bar (Filer, Rediger, Hjælp) and a main area containing an 'Identifikation' dialog box. The dialog box has the following fields and controls:

- Navn:** Text input field containing 'Morgenmyldretid'.
- Type:** A dropdown menu with a red circle around it, showing the selected option 'F kryds, signalreguleret'.
- Tid på dagen:** Text input field containing 'Morgenmyldretid'.
- Beregningsperiode:** A text input field containing '900' followed by the unit 'Sekunder'.
- Parametre:** Two radio buttons: 'Vejregler' (selected) and 'Brugerdefinerede'.
- Parameter indeks:** A text input field containing 'C:\Program Files (x86)\Dankap\' and a 'Vælg indeks' button.
- Buttons:** 'Nye', 'Rediger', 'Slet', 'Tilbage', and 'Næste'.

Figur 4.5: Identifikation af projekt Dankap. Valg af vejanlæg er markeret med rødt.

Efterfølgende er der mulighed i Dankap for at indsætte data om trafik og opbygge det ønskede vejanlægs geometri. Eksempelvis for et signalreguleret kryds kan disse parametre indtastes: antal af spor for hver vejgren, ankomstfordeling af køretøjer og indtastning af data om forskellige køretøjstyper se figur 4.6.

DanKap
Filer Rediger Hjælp

Signalkryds. Geometri, ankomstfordeling og trafik

Morgenmyldretid

Vejgren	Navn	Antal kørespor i vejgrene	Ankomstfordeling
A	Hassersvej Vest	0 0 0 0 0 0	AT 4 - Middel ankomstfordeling
B	Hassersgade Øst	0 0 0 0 0 0	AT 4 - Middel ankomstfordeling
C	Kong Chr. Alle Nord	0 0 0 0 0 0	AT 4 - Middel ankomstfordeling
D	Kong Chr. Alle Syd	0 0 0 0 0 0	AT 4 - Middel ankomstfordeling

Trafik

☒ Generel opskrivningsfaktor
☐ Differentierede opskrivningsfaktorer

Trafik

Datafil:
Trafik i beregningsperioden: T=900 Sekunder

☐ Skema ☒ Grafisk

Køretøjstype

- ☒ Personbiler og varebiler
- ☐ Lastbiler og busser
- ☐ Sætte- og påhængsvogntog
- ☐ Motorcykler/registreringspligtige knallerter
- ☐ Cykler/ikke-registreringspligtige knallerter
- ☐ Fodgængere

Hassersvej

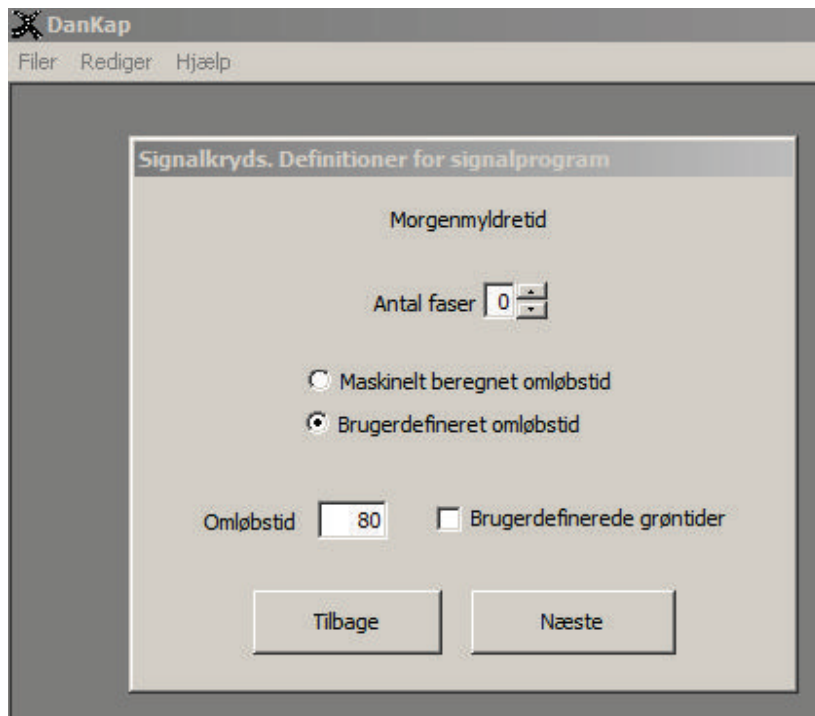
Hassersgade

Kong Chr. Alle Syd

Kong Chr. Alle Nord

Figur 4.6: Kryds geometri og trafik Dankap.

I fjerde trin i Dankap skal signalprogrammet for valgte vejanlæg angives. På figur 4.7 ses et eksempel på hvordan dette trin kan se ud. Antal faser i signalprogrammet, valg af maskinel eller brugerdefineret omløbstid samt valg af brugerdefineret grøntid kan defineres i dette trin.



Figur 4.7: Definering af signalprogram for vejanlæg Dankap.

I femte trin i Dankap angives et vej anlægs signalprogram i detaljer. Her er mulighed for at angive grøntid, mellemtid og vigepligtforhold for de forskellige vejgrene i det valgte anlæg. Et eksempel ses på figur 4.8.

Dankap
 Filer Rediger Hjælp

Signalkryds, faser, brugerdefinerede tider og højresvingeres vigepligtsforhold
 Morgenmyldretid

Kong Chr. Alle Syd

☐ I beregningen tages hensyn til at højresvingende skal vige for lette trafikanter

Te Antal sek. cyklister og fodgængere får grønt før højresvingere

Hassersisvej

fase(r)







☐ I beregningen tages hensyn til at højresvingende skal vige for lette trafikanter

Te Antal sek. cyklister og fodgængere får grønt før højresvingere

Fase	Brugerde Grøntid	Brugerde Mellemtid efter

Kong Chr. Alle Nord

☐ I beregningen tages hensyn til at højresvingende skal vige for lette trafikanter

Te Antal sek. cyklister og fodgængere får grønt før højresvingere

Hassersigade

☐ I beregningen tages hensyn til at højresvingende skal vige for lette trafikanter

Te Antal sek. cyklister og fodgængere får grønt før højresvingere

fase(r)



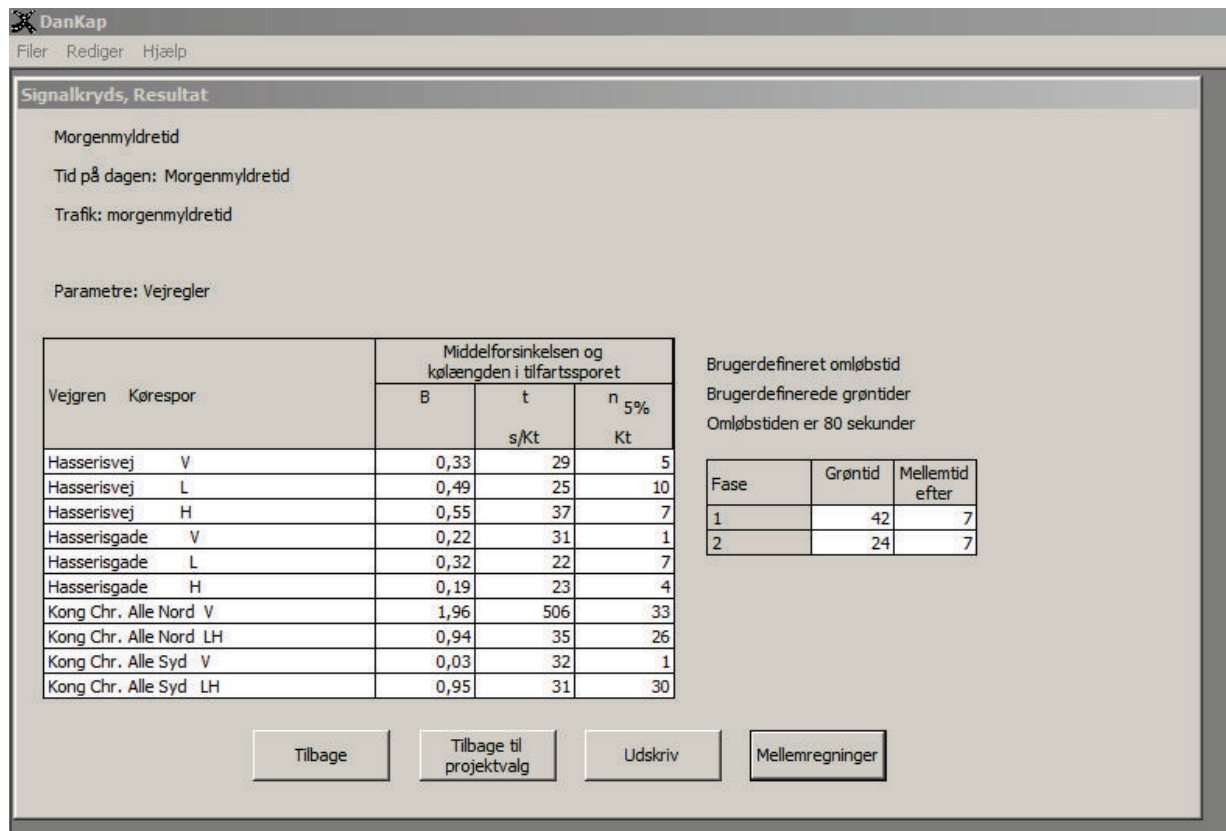




Tilbage Næste

Figur 4.8: 5. trin i Dankap.

I sidste trin i Dankap bliver resultaterne fra kapacitetsberegningen for det valgte vejanlæg fremvist. Resultaterne indeholder beregnede værdier for forsinkelse, belastningsgrad, kølængde og mellemberegninger se figur 4.9.



Figur 4.9: Resultater Dankap.

5. Metode

Dette kapitel omhandler overvejelserne samt antagelserne bag indsamlingen af data til beregninger i Dankap samt etablering af en ground truth. Ydermere er fremgangsmåden for den foretagne krydstælling, registrering af kølængder og opmåling af forsinkelsestid beskrevet.

5.1 Videoobservationer

Videoobservation anvendes til krydstælling og dataindsamling til brug ved beregninger i ground truth og beregninger i Dankap. Af praktiske årsager er der valgt at foretage videoobservationer af krydset Hasserisvej/Kong Christians Alle. Videoobservationen er foregået ved filmning af krydset i tidsrummet 7-17 torsdag 27/03/2014. Videooptagelserne giver mulighed for at spole tilbage eller frem i tilfælde hvor det er nødvendigt at genoptage optagelserne.

For at sikre at videoobservationen foregår uden problemer, er der udført prøveoptagelser af en af vejgrene onsdag 19/03/2014 om eftermiddagen. Prøveoptagelserne har givet indblik i hvordan kameraerne skulle indstilles i forhold til vejen og vejrlig.

Erfaringerne fra prøveoptagelsen er brugt til de endelige optagelser torsdag 27/03/2014. Ved optagelserne er der anvendt 4 kameraer, nummereret 1-4, som hver dækker de 4 forskellige vejgrene se figur 5.1. Kameraerne er fastgjort i lygtepæle langs vejen så højt som muligt for at have et bredt synsfelt se figur 5.2. Opsætning af kameraer kan ses på film her (<http://goo.gl/BKNse0>).

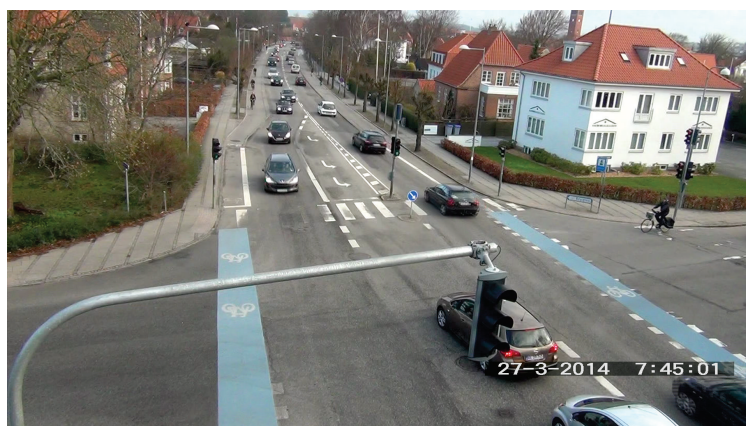


Figur 5.1: Placering af kameraer i krydset.[Kraak, 2014]



Figur 5.2: Opsætning af kamera.

Figur 5.3 viser billeder fra optagelserne 27/03/2014 fra Kong Chr. Alle hhv. nord-sydlig og syd-nordlig retning. Optagelserne skal danne grundlag for krydstællingen beskrevet i afsnit 5.2. Et kort klip af optagelserne kan ses her (<http://goo.gl/0rexcn>).



Figur 5.3: Billeder fra optagelserne 27/03/2014 Kong Chr. Alle nord-sydlig retning og syd-nordlig retning.

5.2 Krydstælling

Videoptagelsen nævnt i afsnit 5.1 danner grundlag for en manuel krydstælling. Krydstælling anvendes ved etablering af ground truth samt beregning i Dankap. Resultaterne fra krydstællingen kan ses i afsnit 6. Tællingen har til formål at efterbehandle data for at finde trafikmængder, køretøjs sammensætning samt spidskvarteret i krydset i løbet af myldretidsperioderne om morgenen, eftermiddagen og en tidsperiode med lav trafikintensitet. Vejreglen [Vejreglerådet, 2010b] anbefaler, at en manuel krydstælling skal opdeles i intervaller af højst 15 minutter, for at finde den dimensionsgivende spidstime eller spidskvarter. I dette projekt er det valgt at inddele krydstællingen i 5 minutters intervaller. Krydstællingen foregår fra kl. 7-17 ud fra videoobservationen og omfatter alle trafikstrømme fra og mod de enkelte vejgrene. Dette indbefatter højresvingende, venstresvingende og gennemkørende trafik fra hver vejgren. Endvidere inddeles køretøjerne i følgende typer:

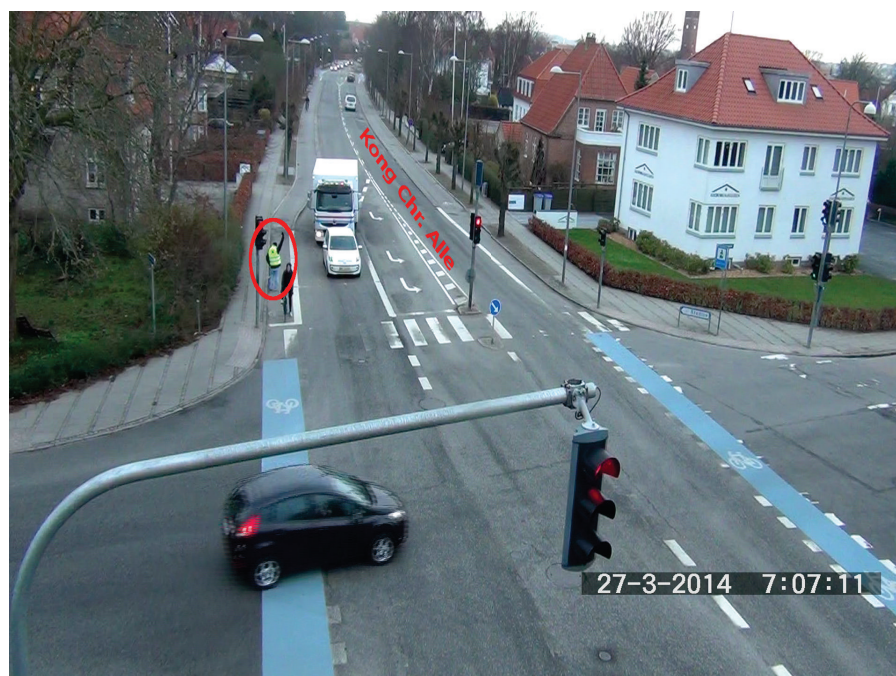
- Lastbiler og busser
- Personbiler og varebiler
- Lastbiler med sætte og påhængsvogn
- Motorcykler og knallerter
- Cykler
- Fodgængere

5.3 Registrering af kølængder

I dette afsnit bliver metoderne, for hvordan kølængderne i ground truth registreres, beskrevet. Fremgangsmåden for registrering af kølængden i Dankap er beskrevet i afsnit 4 på side 13. Kølængden er registreret i spidskvarteret om morgenen, eftermiddagen og en tidsperiode med lav trafikintensitet. Kølængden er målt fra stoplinjen til bagerste stillestående køretøj for hvert omløb, efter at signalet er skiftet til grøn, da det antages at kølængden er størst på dette tidspunkt. Til opmåling af kølængden er der i optagelserne fastlagt målelinjer hver 5. meter. Kølængden bliver registreret ud fra disse målelinjer for alle 4 vejgrene i krydset. Figur 5.4 og 5.5 illustrerer, hvordan målelinjerne er opmålt. Registreringerne af kølængderne er viderebehandlet i afsnittet om ground truth, afsnit 7 på side 35. Opmåling af målelinjerne kan ses her (<http://goo.gl/xJakxA>).



Figur 5.4: Registrering af målelinje ved stoplinjen ved Kong Chr. Alle nord-sydlig retning.



Figur 5.5: Registrering af målelinje 5 meter efter stoplinjen ved Kong Chr. Alle nord-sydlig retning.

5.4 Forsinkelsestid

Forsinkelse er defineret som den tid et køretøj tilbagelægger sammenlignet med rejsetiden for køretøjet ved fri trafikafvikling [Vejreglerådet, 2004].

Metoderne for registrering af forsinkelsestid til ground truth bliver beskrevet i det følgende. Forsinkelsestiden i Dankap er beskrevet i afsnit 4 på side 13. Forsinkelsestiden er registeret ved hjælp af data indsamlet ved videoobservationerne se afsnit 5.1. Forsinkelsen bliver registeret for alle trafikstrømme fra og mod de enkelte vejgrene og tager udgangspunkt i definitionen fra [Vejreglerådet, 2004].

Først er køretøjernes rejsetid målt ved fri trafikafvikling. Dette er sket for udvalgte køretøjer, som ikke har været påvirket af andre køretøjer, f.eks. tidligt om morgenen eller om formiddagen. Rejsetiden bliver målt i grøntiden for strækningen mellem 50 m før stoplinjen til køretøjerne er ude af krydset se figur 5.6. Denne afstand er valgt, da større køretøjer som lastbil eller bus blokerer for udsigten til de bagerste køretøjer. Dernæst er rejsetiden målt på samme strækning i spidskvarteret om morgnen, eftermiddagen og en tidsperiode med lav trafikintensitet for alle køretøjer. Rejsetiden er målt i sekunder, hver 15. sekund for vilkårlige køretøjer og bearbejdes yderligere i de senere beregninger. Slutteligt er forsinkelsestiden beregnet ved at subtrahere rejsetiden for fri trafikafvikling fra den opmålte rejsetid for de enkelte køretøjer.



Figur 5.6: Eksempel på opmåling af rejsetid, højresvingende køretøjer på Kong Chr. Alle nord-sydlig retning. [Krak, 2014]

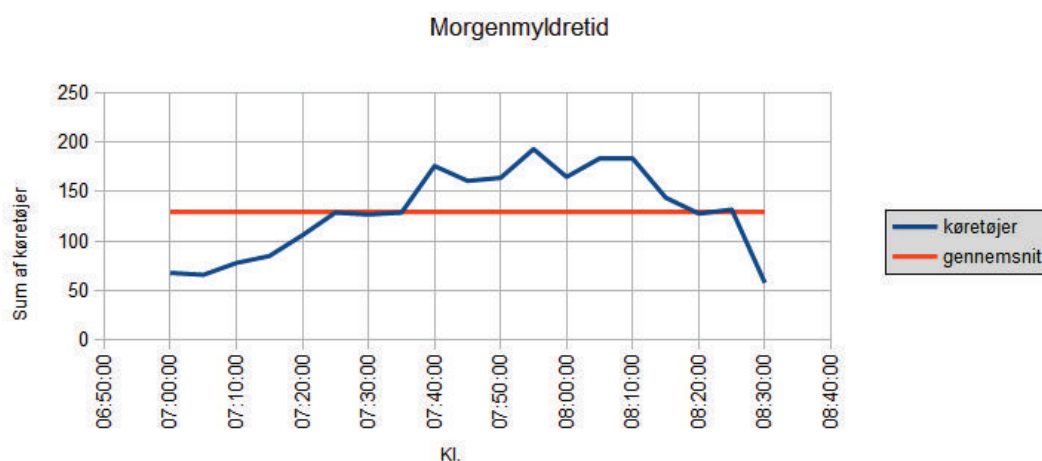
6. Krydstællings resultater

Dette kapitel fremstiller og beskriver resultaterne fra den manuelle krydstælling, hvis fremgangsmåde er beskrevet i afsnit 5.2 på side 27. Kapitlet er endvidere indeholdende refleksioner samt overvejelse, som er gjort i forbindelse med beregning af resultaterne.

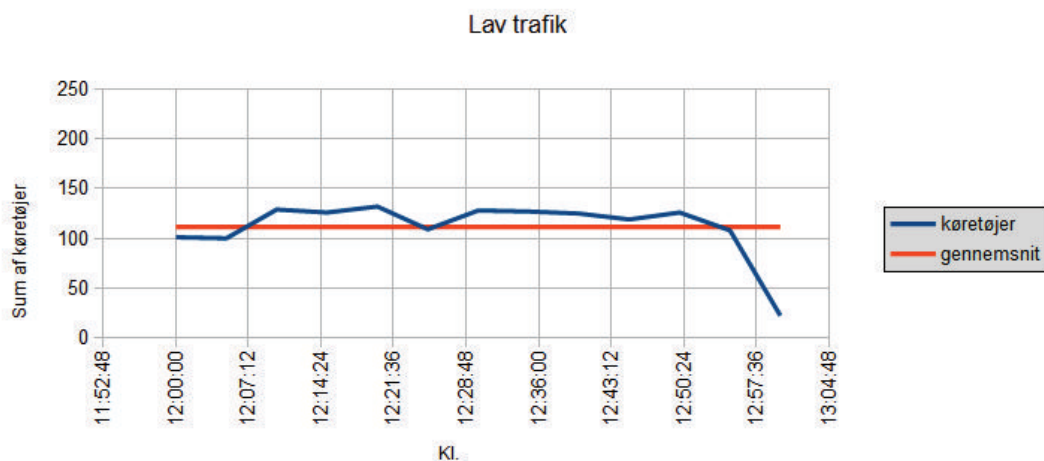
6.1 Beregningsperioder

Ud fra den manuelle krydstælling findes spidskvarterne i krydset i løbet af myldretidsperioderne om morgenen, eftermiddagen og en tidsperiode med lav trafikintensitet. De tre spidskvarter findes ved at plotte summen af de talte køretøjer over tid i et koordinatsystem. Dette er illustreret på figurerne 6.1, 6.2 og 6.3. Køretøjer fra alle 4 vejgrene i krydset er summeret, dette er gjort for morgen- og eftermiddagsmyldretiden samt perioden med lav trafik. De tre respektive spidskvarter findes ved at identificere det kvarter i graferne, med det højeste antal køretøjer.

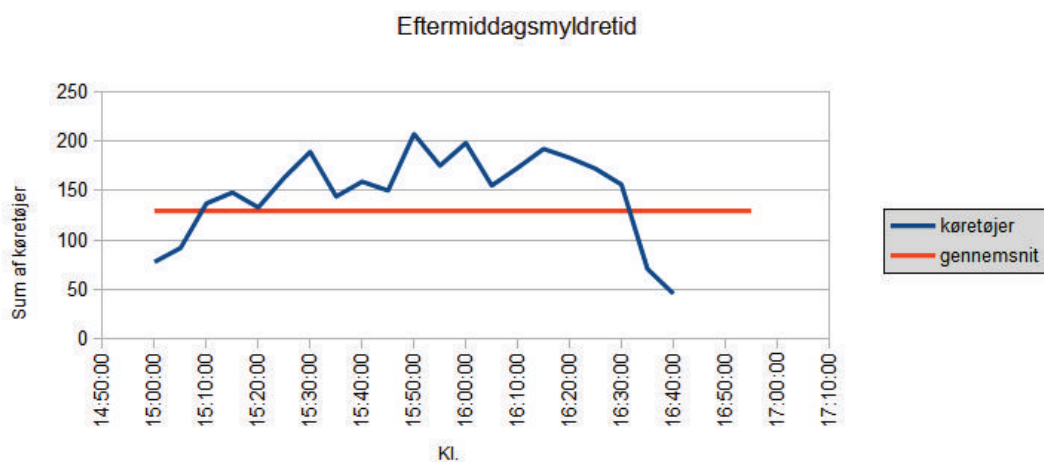
Det ses ud fra resultaterne, at i morgenmyldretiden er spidskvarteret fra kl. 7.45-8.00. For tidsperioden med lav trafik er spidskvarteret fra kl. 12.15-12.30 og for eftermiddagsmyldretiden er det fra kl. 15.50-16.05. De tre nævnte tidsperioder bliver senere anvendt til beregning af kapacitet, forsinkelse og kølængde.



Figur 6.1: Summeret trafik morgenmyldretid.



Figur 6.2: Summeret trafik lav trafik.

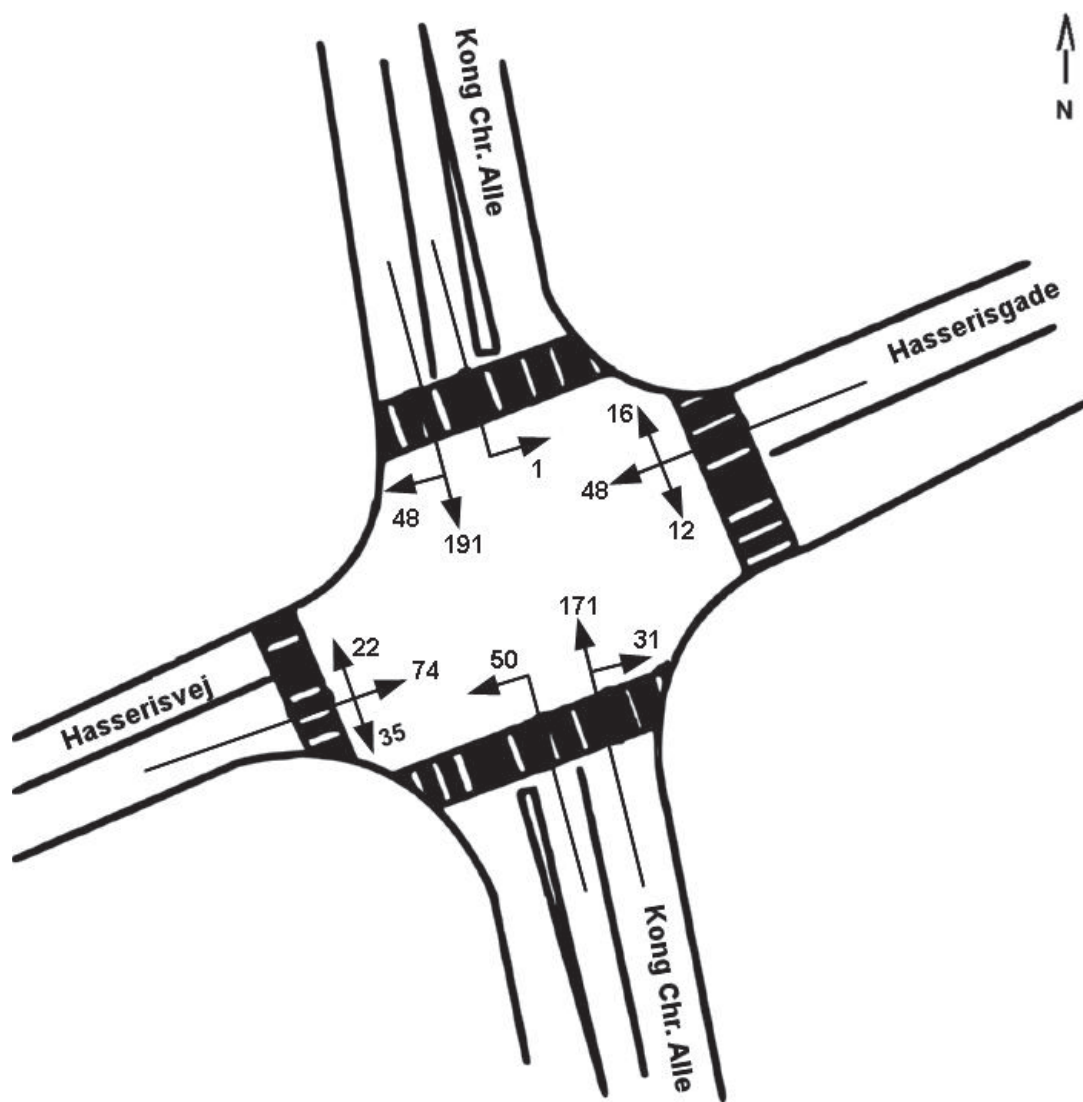


Figur 6.3: Summeret trafik eftermiddagsmyldretid.

6.2 Fordeling af køretøjer

I dette afsnit bliver fordelingen af de seks forskellige køretøjstyper, beskrevet i afsnit 5.2, i krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle uddybet. Fordelingen er fra de tre fundne spidskvarter i morgen- og eftermiddagsmyldretiden samt perioden med lav trafik. Disse fordelinger skal senere anvendes til beregninger i Dankap og etablering af et ground truth.

Resultaterne fremgår i bilag A.1 på side 55, hvor fordelingen af de forskellige køretøjstyper i krydset er illustreret. I tilfælde af at en køretøjstype ikke er på figurerne, skyldes det at der ikke har været nogen køretøjer under tælleperioden. Figur 6.4 viser et eksempel på hvordan resultaterne er præsenteret i rapporten.



Figur 6.4: Fordeling af personbiler og varebiler kl. 7.45-8.00.

Af resultaterne vist i bilag på side 55 fremgår det at krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle har en stor andel af personbiler og varebiler. Dette blev også observeret under den manuelle tælling af køretøjerne. Yderligere ses det at Kong Chr. Alle er den mest trafikerede vej i krydset, og kan betegnes som den primære vej i krydset i alle tre spidskvarter. Cykler er den anden dominerende køretøjstype i krydset, grundet den store andel af cyklister i spidskvarterne.

I morgenspidskvarteret er det også konstateret at mængden af personbiler og varebiler på Hasserisvej mod øst er størst. Dette kan skyldes at nord for Hasserisgade eksisterer tre skoler, Klostermarksskolen, Katedralskolen og Handelsgymnasiet, som genererer morgentrafik i østlige retning. Endvidere krydser Hasserisgade Vesterbro i øst, og fungerer som forbindelsesvej til Aalborg centrum, se figur 3.1 på side 6. Omvendt er det i spidskvarteret om eftermiddagen, hvor andelen af personbiler og varebiler mod vest er størst, se bilag på side 57.

7. Ground truth (Virkeligheden)

I det følgende bliver fremgangsmåden og resultaterne for registrering af kølængder samt forsinkelsestider i krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle i tre valgte beregningsperioder uddybet. Resultaterne skal danne grundlag for ground truth, dvs. den virkelighed som skal sammenlignes med PC-programmet Dankap.

7.1 Registrering af kølængde

I dette afsnit bliver fremgangsmåden samt resultaterne for registrering af kølængden til Ground truth beskrevet. Data til beregningerne er fra videooptagelserne beskrevet i afsnit 5.1 på side 25.

Fremgangsmåden ved registrering af kølængden er det samme som metoden beskrevet i afsnit 5.3 på side 27. Kølængden er registreret, som nævnt tidligere, fra stoplinjen til bagerste stillestående køretøj for hvert omløb. Det er antaget at kølængden er størst når signalet skifter til grøn, hvorefter længden af køen er opmålt i antal køretøjer. Efterfølgende er 95% fraktilen af kølængden fundet til sammenligningen af resultater med Dankap.

Kølængden er registreret i spidskvarteret om morgenen kl. 7.45-8.00, eftermiddagen kl. 15.50-16.05 og en tidsperiode med lav trafikintensitet kl. 12.15-12.30. Dette er udført for alle fire vejgrene i krydset Hasserisvej / Kong Chr. Alle.

Ved registrering af kølængden for Hasserisvej og Kong Chr. Alle har der været nogle usikkerheder, da videooptagelserne samt vejenes krumning har gjort det vanskeligt at måle kølængden, se figur 7.1 og figur 7.2.



Figur 7.1: Kong Chr. Alle sydnordlig retning.



Figur 7.2: Hasserisvej vestøstlig retning.

7.1.1 Resultater

Resultaterne fra registrering af kølængden ses i tabel 7.1. De største kølængder findes på Kong Chr. Alle og Hasserisvej i eftermiddagsmyldretiden og morgenmyldretiden. Det er overraskende få eller ingen kø på Kong Chr. Alle NS venstresvingbane. Det skyldes at i de tre beregningsperioder er der registreret et enkelt køretøje, som har holdt i kø. Endvidere er antallet af venstresvingende køretøjer på Kong Chr. Alle NS meget lav, samt at trafiktilstrømningen i sporet overstiger ikke kapaciteten i køresporet.

Kølængden i perioden med lav trafik kl. 12.15-12.30 har samme fordeling af kølængder, som de andre beregningsperioder. I denne periode findes de største kølængder på Kong Chr. Alle og Hasserisvej.

Beregningsperiode	Fraktil	Hasserisvej	Kong Chr. Alle NS		Kong Chr. Alle SN		Hasserisgade
		HLV	HL	V	HL	V	HLV
7.45-8.00	95%	20	17	0	19	12	12
12.15-12.30	95%	7	3	0	15	6	4
15.50-16.05	95%	19	15	1	19	8	10

Tabel 7.1: Resultater fra registrering af kølængden målt i enheden køretøj.

7.2 Forsinkelsestid

I dette afsnit bliver fremgangsmåden for hvordan forsinkelsestiden registreret beskrevet. Forsinkelsestiden er målt efter metoden nævnt i afsnit 5.4 på side 29. Forsinkelsestiden er registreret i tre beregningsperioder i spidskvarteret om morgenen kl. 7.45-8.00, eftermiddagen kl. 15.50-16.05 og en tidsperiode med lav trafikintensitet kl. 12.15-12.30.

Rejsetiden er målt i grøntiden, hver 15. sekund for hver enkelt spor i krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle, se afsnit 5.4 på side 29. Ved disse målinger blev der registreret få eller ingen venstresvingende og højresvingende køretøjer på nogle af vejgrene, eksempelvis på Kong Chr. Alle NS. På dette grundlag er det besluttet at alle venstresvingende og højresvingende køretøjer registreres. For de ligeudkørende strømme i krydset, er de første målinger foretaget hver 15. sekund anvendt.

7.2.1 Resultater

Resultaterne for de målte forsinkelsestider ses i tabel 7.2 og 7.3, i de tilfælde hvor et “-” er angivet, er der ikke registreret nogle køretøjer. Både gennemsnit og medianen af forsinkelsestiderne er beregnet for alle vejgrene i krydset. Gennemsnittet er påvirket af nogle høje forsinkelsestider (outliers), et eksempel ses i bilag A.5 på side 58. Af denne grund anvendes medianen også til de senere beregninger, da denne antages for at være upåvirket af høje forsinkelsestider (outliers).

Beregningsperiode	Forsinkelsestid	Hassersvej			Kong Chr. Alle NS		
		H	L	V	H	L	V
7.45-8.00	Gennemsnit	00:01:07	00:01:09	00:00:58	00:00:22	00:00:22	-
	Median	00:00:57	00:01:00	00:01:05	00:00:12	00:00:19	-
12.15-12.30	Gennemsnit	00:00:21	00:00:29	00:00:25	00:00:03	00:00:13	-
	Median	00:00:22	00:00:34	00:00:24	00:00:02	00:00:03	-
15.50-16.05	Gennemsnit	00:00:57	00:00:42	00:00:41	00:00:22	00:00:17	00:00:40
	Median	00:00:54	00:00:44	00:00:50	00:00:07	00:00:14	00:00:40

Tabel 7.2: Forsinkelsestid i krydset for Hassersvej og Kong Chr. Alle NS målt i enheden tid/køretøjer.

Beregningsperiode	Forsinkelsestid	Kong Chr. Alle SN			Hassersgade		
		H	L	V	H	L	V
7.45-8.00	Gennemsnit	00:00:08	00:00:17	00:02:27	-	00:00:27	00:00:52
	Median	00:00:01	00:00:13	00:02:32	-	00:00:22	00:00:51
12.15-12.30	Gennemsnit	00:00:55	00:00:09	00:00:19	-	00:00:09	00:00:18
	Median	00:00:04	00:00:07	00:00:19	-	00:00:05	00:00:21
15.50-16.05	Gennemsnit	00:00:18	00:00:17	00:00:40	-	00:00:18	00:00:24
	Median	00:00:26	00:00:16	00:00:31	-	00:00:15	00:00:23

Tabel 7.3: Forsinkelsestid i krydset for Kong Chr. Alle SN og Hassersgade målt i enheden tid/køretøjer.

Det ses ud fra resultaterne at de største forsinkelsestider opstår ved morgen- og eftermiddagsmyldretiden. I morgenmyldretiden er det især Hassersvej og Kong Chr. Alle SN i krydset, som har de største forsinkelsestider. Forsinkelsestiderne i morgenmyldretiden kan være forårsaget af kødannelse på Kong Chr. Alle og Hassersvej, da de største kølængder i krydset er registreret på disse 2 veje, se afsnit 7.1 på side 35. Venstresvingsporet på Kong Chr. Alle SN har det største forsinkelsestid. Dette kan skyldes at de venstresvingende på Kong Chr. Alle SN har vigepligt for modkørende, som holder i kø.

I eftermiddagsmyldretiden er billedet det samme som i morgenmyldretiden. I perioden med lav trafik forholder fordelingen af forsinkelsestiderne sig på samme måde, som de to andre beregningsperioder.

8. Beregninger af krydset i Dankap

I dette kapitel præsenteres resultaterne fra beregningerne for de valgte beregningsperioder i Dankap. Først bliver fremgangsmåden for valg af inputparametre beskrevet, efterfølgende bliver resultaterne præsenteret.

8.1 Fremgangsmåde

Dankap har seks forskellige trin fra projektvalg til resultater, beskrevet i afsnit 4.3 på side 18 . Til beregningerne i Dankap for de valgte perioder i morgenmyldretiden, perioden med lav trafik og eftermiddagsmyldretiden er samme fremgangsmåde som i afsnit 4.3 på side 18 anvendt. I det følgende afsnit bliver fremgangsmåden og valg af input parametre i Dankap beskrevet.

I første trin i Dankap er beregningerne oprettet og navngivet, således at det er muligt at finde beregningerne igen.

Ved andet trin er beregningsperioden valgt til et kvarter for de tre beregningsperioder. Yderligere er det valgt at anvende parametre fra vejreglen [Vejregelrådet, 2010b] i beregningerne.

I tredje trin er krydssets udformning samt trafik data fra krydstællingen nævnt i afsnit 6 på side 31 indtastet. For alle tre beregningsperioder i morgenmyldretiden, eftermiddagsmyldretiden og perioden med lav trafik er samme krydsudformning anvendt, dette ses på figur 8.1. Ankomstfordelingen for de tre beregningsperioder varierer, da disse er valgt efter hvilke ankomsttype, som passer bedst til aktuelle forhold.

I morgenmyldretiden er dårlig ankomstfordeling samt middel ankomstfordeling anvendt, da trafikken synes at passe de valgte ankomsttyper i disse perioder. Hasserisgade er tildelt ankomsttypen middel ankomstfordeling, mens de andre vejgrene i krydset er tildelt dårlig ankomstfordeling i beregningsperioderne.

I eftermiddagsmyldretiden er Hasserisvej og Kong Chr. Alle SN tildelt dårlig ankomstfordeling, mens de resterende veje er tildelt tilfældigt ankomstfordeling. I perioden med lav trafik er middel ankomstfordeling valgt.

Dankap
Filer Rediger Hjælp

Signalkryds. Geometri, ankomstfordeling og trafik

Morgenmyldretid

Vejgren	Navn	Antal kørespor i vejgrene						Ankomstfordeling
A	Hassersisvej	0	0	0	0	0	1	AT 2 - Dårlig ankomstfordeling
B	Hassersigade	0	0	0	0	0	1	AT 4 - Middel ankomstfordeling
C	Kong Chr. Alle Nord	1	0	0	1	0	0	AT 2 - Dårlig ankomstfordeling
D	Kong Chr. Alle Syd	1	0	0	1	0	0	AT 2 - Dårlig ankomstfordeling

Trafik: morgenmyldretid

Rediger Slet Nyt datasæt

☒ Generel opskrivningsfaktor 1,00
☐ Differentierede opskrivningsfaktorer Rediger

Tilbage Næste

Figur 8.1: Krydsets udformning i Dankap.

Ved fjerde trin er signalprogrammet samt omløbstiden for krydset defineret. Data til signalprogrammet er fra afsnit 3.2 på side 9, her er omløbstiden angivet til 80 sekunder for morgen- og eftermiddagsmyldretiden og 60 sekunder for perioden med lav trafik.

Ved femte trin er grøntiden, fordeling af faser samt vigepligtsforhold angivet. For morgen- og eftermiddagsmyldretiden er grøntiden for Hassersisvej 24 sekunder med en mellemtid på 7 sekunder, mens Kong Chr. Alle har en grøntid på 42 sekunder med samme mellemtid. I perioden med lav trafik er grøntiden for Hassersisvej og Kong Chr. Alle hhv. 16 og 30 sekunder med mellemtid på 7 sekunder.

I krydset Hassersisvej/Kong Chr. Alle er det angivet at alle højresvingende skal vige for lette trafikanter i alle tre beregningsperioder.

Sidste trin i Dankap viser resultaterne samt mellemregningerne fra valgte inputs parametre, disse er beskrevet i næste afsnit.

8.2 Resultater

Resultaterne fra beregningerne i Dankap kan ses på figurerne 8.2, 8.3 og 8.4. Figurerne viser resultaterne for de tre valgte beregningsperioder, hvor belastningsgraden, middelforsinkelsen samt kølængden i de enkelte kørespor i krydset er angivet.

Mellemberegninger fra Dankap kan ses i bilag side 59 til 67. Mellemberegningerne er delt op i tre skemaer signalkryds skema A, B og C. Signalkryds skema A viser trafikmængderne samt trafikstrømmenes grundlæggende kapacitet. Skema B viser kapaciteten i de enkelte kørespor, og skema C viser middelforsinkelsen og kølængden i krydset.

Resultaterne fra beregningen for morgenmyldretiden viser at Hasserisvej VLH, Kong Chr. Alle NS V samt Kong Chr. Alle SN LH har belastningsgrader større end et, se figur 8.2. Belastningsgraden beskriver forholdet mellem trafikintensitet og trafikkapacitet for en givet trafikstrøm, og er en god indikator for hvordan trafikken er i forskellige trafikstrømme.

Endvidere ses det at middelforsinkelsen og kølængden er også størst her. Middelforsinkelsen er beregnet til ca. 11 minutter for Hasserisvej VLH, ca. 10 minutter for Kong Chr. Alle NS V og ca. 2 minutter for Kong Chr. Alle SN LH. Mellemberegningerne viser at de høje middelforsinkelser i køresporene skyldes bl.a. værdierne af t_2 , se signalkryds skema C på side 61. Ifølge teorien, beskrevet i afsnit 4.2.2 på side 16, udgør t_2 størstedelen af middelforsinkelsen ved langvarige kødannelser, dette er tilfældet ved Hasserisvej VLH, Kong Chr. Alle NS V samt Kong Chr. Alle SN LH. Yderligere ses det at Hasserisgade VLH og Kong Chr. Alle SN V har de mindste forsinkelsestider.

Kødannelse har samme tilbøjelighed som fordelingen af middelforsinkelsen, de største kølængder ses i de tre tidligere nævnte kørespor Hasserisvej VLH, Kong Chr. Alle NS V samt Kong Chr. Alle SN LH, se figur 8.2. De mindste kølængder er på Hasserisgade VLH og Kong Chr. Alle SN V.

Signalkryds, Resultat

Morgenmyldretid

Tid på dagen: Morgenmyldretid kl.7.45-8.00

Trafik: morgenmyldretid

Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen og kølængden i tilfartssporet		
		B	t s/Kt	n _{5%} Kt
Hasserisvej	VLH	2,39	675	93
Hasserisgade	VLH	0,67	33	12
Kong Chr. Alle NS	V	2,22	624	35
Kong Chr. Alle NS	LH	0,94	42	26
Kong Chr. Alle SN	V	0,03	32	1
Kong Chr. Alle SN	LH	1,17	114	65

Brugerdefineret omløbstid

Brugerdefinerede grøntider

Omløbstiden er 80 sekunder

Fase	Grøntid	Mellemtid efter fase
1	42	7
2	24	7

Figur 8.2: Dankap resultater morgenmyldretid.

Figur 8.3 viser resultaterne fra beregningen for perioden med lav trafik. Det ses ud fra resultaterne at de mest belastede trafikstrømme er Hasserisvej VLH, Kong Chr. Alle NS LH samt Kong Chr. Alle SN LH. Ved disse trafikstrømme er både belastningsgraden, middelforsinkelsen samt kølængden størst. De mindste værdier af belastningsgrad, middelforsinkelse samt kølængde er konstateret på Kong Chr. Alle SN V og Hasserisgade VLH.

Signalkryds, Resultat

Let-trafik spidskvarter

Tid på dagen: middag1215-1230

Trafik: middag1215

Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen og kølængden i tilfartssporet		
		B	t s/Kt	n 5% Kt
Hasserisvej	VLH	1,15	119	23
Hasserisgade	VLH	0,28	19	5
Kong Chr. Alle NS	V	0,46	22	5
Kong Chr. Alle NS	LH	0,47	9	10
Kong Chr. Alle SN	V	0,02	12	1
Kong Chr. Alle SN	LH	0,58	11	11

Brugerdefineret omløbstid

Brugerdefinerede grøntider

Omløbstiden er 60 sekunder

Fase	Grøntid	Mellemtid efter fase
1	30	7
2	16	7

Figur 8.3: Dankap resultater perioden med lav trafik.

På figur 8.4 ses resultaterne fra beregningerne for spiskvarteret i eftermiddagsmyldretiden. Hasserisvej VLH, Kong Chr. Alle NS LH samt Kong Chr. Alle SN V har de største værdier for belastningsgrad, som er større end 1. Middelforsinkelsen og kølængden er også størst i de nævnte kørespor.

Kong Chr. Alle NS V samt Hasserisgade VLH har de mindste værdier af belastningsgrad, middelværdi samt kølængde.

Signalkryds, Resultat

Eftermiddagsmyldretid

Tid på dagen: eftermiddag kl. 15.50-16.05

Trafik: eftermiddagsmyldretid

Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørespor	Middelforsinkelsen og kølængden i tilfartssporet		
		B	t s/Kt	n 5% Kt
Hasserisvej	VLH	1,58	310	52
Hasserisgade	VLH	0,52	27	11
Kong Chr. Alle NS	V	0,05	30	1
Kong Chr. Alle NS	LH	1,45	231	134
Kong Chr. Alle SN	V	2,89	920	52
Kong Chr. Alle SN	LH	0,86	27	25

Brugerdefineret omløbstid

Brugerdefinerede grøntider

Omløbstiden er 80 sekunder

Fase	Grøntid	Mellemtid efter fase
1	42	7
2	24	7

Figur 8.4: Dankap resultater eftermiddagsmyldretid.

9. Diskussion og sammenligning

I det følgende bliver resultaterne fra ground truth og Dankap diskuteret og sammenlignet. Først bliver fundet resultater diskuteret. Efterfølgende bliver ground truth og Dankap beregninger sammenlignet. Slutteligt bliver hovedpunkterne opsummeret.

Generelt set må det nævnes, at alle registeret data har en usikkerhed i form af tællefejl, da dataindsamling har forgået ved manuel tælling, selvom dataindsamlingen har været grundig.

I afsnit 7 på side 35 om ground truth blev resultaterne fra registrering af kølængde og forsinkelsestid for krydset præsenteret. Ved måling af kølængden har der været nogle usikkerheder mht. hvor lang køen er, da vejens krumning har gjort det vanskeligt at måle kølængden, dette problem opstod på Kong Chr. Alle og Hassersvej. De største kølængder blev konstateret, som forventet i morgen- og eftermiddagsmyldretid, da de største antal køretøjer var registreret her. Kong Chr. Alle og Hassersvej havde de største kølængde i løbet af myldretidene.

Ved den første registrering af forsinkelsestider, har der været få eller ingen køretøjer ved venstresvingende og højresvingende på nogle af vejgrene, af denne grund er alle venstresvingende og højresvingende køretøjer registreret i krydset. I forbindelse med forsinkelsestiderne er både gennemsnittet og medianen beregnet, da gennemsnittet af forsinkelsestiderne synes at være påvirket af nogle outliers. Medianen og gennemsnittet bliver anvendt ved sammenligning af ground truth med Dankap for at få et mere realistisk resultat.

I afsnit 8 på side 39 er resultaterne fra Dankap vist, endvidere er forsinkelsestiden, belastningsgraden samt kølængden i de tre valgte beregningsperioder beskrevet. De største forsinkelsestider blev konstateret i morgen- og eftermiddagsmyldretiden på Hassersvej og Kong Chr. Alle. Yderligere ses det ud fra mellemberegningerne at de høje forsinkelsestider skyldes store værdier af t_2 . Ifølge teorien, beskrevet i afsnit 4.2.2 på side 16, udgør t_2 størstedelen af middelforsinkelsen ved langvarige kødannelser, dette antages at være tilfældet i morgen- og eftermiddagsmyldretiden.

Kølængden fra Dankap beregningerne har samme tilbøjelighed som forsinkelsestiden, de største kølængder er registreret i morgen- og eftermiddagsmyldretiden på samme vejgrene.

Tabel 9.1 viser sammenligning af resultaterne fra ground truth med Dankap, i tabellen er forskellen mellem de beregnede forsinkelsestider fundet, både som differencen mellem Dankap og ground truth samt procentvis forskel i forhold til Dankap. Negative værdier angiver at forsinkelsestiderne i ground truth er større end beregnede forsinkelsestiderne i Dankap, mens positive værdier angiver at Dankaps forsinkelsestider er større end forsinkelsestider i ground truth. Kolonnen B angiver belastningsgraden for de forskellige vejgrene.

Sammenligningen viser at ved belastningsgrader større end 1 er forskellen mellem forsinkelsestiderne meget stor, mens ved belastningsgrader mindre end 1 er forskellen mindre. Dette kan skyldes at til beregning af forsinkelsestiden i Dankap benyttes formler, som udgør en del af forsinkelsestiden afhængig af belastningsgradens størrelse, se afsnit 4.2 på side 14. Forsinkelsestiden afhænger af tre udtryk, korrektionsfaktoren $k_{f_{At}}$ samt t_1 og t_2 . Ved belastningsgrader mindre end 1 er det $k_{f_{At}} \cdot t_1$ som udgør største del af forsinkelsestiden, mens ved belastningsgrader større end 1 er det t_2 . Yderligere kan det ses ud fra formelen for t_2 , at belastningsgraden fremtræder 3 gange som variable, dette er grunden til at belastningsgraden har stor indflydelse på t_2 . Endvidere kan den stor forskel mellem forsinkelsestiderne skyldes, som nævnt tidligere, at beregningen i Dankap forudsætter langvarige kødannelser i krydset. [Vejregulrædet, 2010b]

Yderligere kan det ses at ved lave belastningsgrader er forskellen mellem forsinkelsestiderne meget lille, ved eksempelvis Kong Chr. Alle NS LH kl. 12.15-12.30 er forskellen 1 sekund/køretøj svarende til 11 % for gennemsnittet. Trods dette er forsinkelsestiden ved nogle vejgrene for ground truth større end Dankap, eksempelvis ved morgenmyldretiden Hassersgade VLH, som har en forskel på -3,5 og -6,5 sekunder/køretøj svarende til -20 % og -11 % i forhold til Dankap.

For belastningsgrader større end 1 er forskellen størst, eksempelvis Hassersvej VLH i morgenmyldretiden, hvor belastningsgraden er 2,39 og forskellen er på 90 % og 91 % i forhold til Dankap for hhv. gennemsnittet og medianen.

Forskellen mellem Dankap og ground truth synes at være misvisende ved Kong Chr. Alle NS V, her blev der ikke registreret køretøjer i morgenmyldretiden og perioden med lav trafik, mens Dankap har en forsinkelsestid på 624 og 22 sek./køretøj. Dette skyldes den høje værdi af belastningsgraden på 2,22, samt at Dankap antager et scenarie med store kødannelser for køresporet.

Vejnavn	Beregningsperiode	Forsinkel- sestid ground truth		Forsinkel- sestid Dankap	Forskel Dankap- Ground truth		B	Forskel i procent i forhold til Dankap	
		Gennemsnit	Median		Gennemsnit	Median		Gennemsnit	Median
Hassersisvej VLH	7.45-8.00	64,7	61	675	610,3	614	2,39	90	91
	12.15-12.30	25	26,7	119	94	92,3	1,15	79	78
	15.50-16.05	46,7	49,3	310	263,3	260,7	1,58	85	84
Hassersigade VLH	7.45-8.00	39,5	36,5	33	-6,5	-3,5	0,67	-20	-11
	12.15-12.30	13,5	13	19	5,5	6	0,28	29	32
	15.50-16.05	42	38	27	-15	-11	0,52	-56	-41
Kong Chr. Alle NS V	7.45-8.00	-	-	624	-	-	2,22	-	-
	12.15-12.30	-	-	22	-	-	0,46	-	-
	15.50-16.05	40	40	30	-10	-10	0,05	-33	-33
Kong Chr. Alle NS LH	7.45-8.00	22	15,5	42	20	26,5	0,94	48	63
	12.15-12.30	8	2,5	9	1	6,5	0,47	11	72
	15.50-16.05	19,5	10,5	231	211,5	220,5	1,45	92	95
Kong Chr. Alle SN V	7.45-8.00	147	152	32	-115	-120	0,03	-359	-375
	12.15-12.30	19	19	12	-7	-7	0,02	-58	-58
	15.50-16.05	40	31	920	880	889	2,89	96	97
Kong Chr. Alle SN LH	7.45-8.00	12,5	7	114	101,5	107	1,17	89	94
	12.15-12.30	32	5,5	11	-21	5,5	0,58	-191	50
	15.50-16.05	17,5	21	27	9,5	6	0,86	35	22

Tabel 9.1: Sammenligning af forsinkelsestider. Forsinkelsestiden er angivet i enheden sekunder/køretøj. “-” er angivet når der ikke er registreret nogle køretøjer. B angiver belastningsgraden.

Tabel 9.2 viser sammenligningen mellem kølængderne mellem ground truth og Dankap, hvor kølængden for de forskellige vejgrene i krydset er sammenlignet. Tabellen viser belastningsgraden, forskellen mellem ground truth og Dankap, beregningsperioder, vejnavn, kølængden og procentvis forskel i forhold til Dankap. Sammenligningen viser at ved positive værdier af forskellen er Dankaps kølængde større end kølængden for ground truth, mens ved negative værdier er det omvendt. I morgenmyldretiden, eftermiddagsmyldretiden og belastningsgrader større end 1, er forskellen størst mellem kølængderne. Omvendt er det ved lave belastningsgrader og perioden med lav trafik, her er forskellen mellem kølængderne mindst.

I følge teorien i afsnit 4 på side 13 afhænger kølængden i et kørespor i Dankap af trafikintensitet, tider i signalprogrammet, strømforholdet i køresporet, kapacitet for køresporet og den valgte beregningsperiodens længde. Kølængden beregnes ved et skøn på den gennemsnitlige kølængde, som anvendes til beregning af kølængden ved iteration. Til beregning af den gennemsnitlige kølængde samt kølængden anvendes forskellige formler, afhængig af om belastningsgraden er mindre eller større end 1. [Vejregelrådet, 2010b]

På Hassersigade VLH samt Kong Chr. Alle NS V er der konstateret identiske kølængder for ground truth og Dankap i hhv. morgen- og eftermiddagsmyldretiden på 12 og 1 køretøjer. Ydermere ses det at de mest trafikerede vejgrene Hassersisvej og Kong Chr. Alle, med en belastningsgrad større end 1, har de største forskelle mellem kølængderne på hhv. 73 og 119 køretøjer, svarende til en procentvis forskel på 78 % og 89 %. Trods forskellen har ground truth og Dankap den lighed at kølængden er størst på Hassersisvej og Kong Chr. Alle.

Ud fra mellemregningerne fra Dankap ses det, at trafikintensiteten og kapaciteten for et kørespor er de faktorer, som har størst påvirkning på kølængden. Endvidere har vejgrene med største trafikintensitet og kapacitet, Hassersisvej og Kong Chr. Alle, de største kølængder i Dankap, se tabel 9.2. Belastningsgraden afhænger af trafikintensiteten og kapaciteten for et kørespor, dette kan forklare sammenhængen mellem kølængden og belastningsgraden nævnt tidligere.

Vejnavn	Beregnings- periode	Køtlængde ground truth	Køtlængde Dankap 95%	Forskel		B
		95% fraktil	fraktil	Dankap-Ground truth	Procent i forhold til Dankap	
Hasserrisvej VLH	7.45-8.00	20	93	73	78	2,39
	12.15-12.30	7	23	16	70	1,15
	15.50-16.05	19	52	33	63	1,58
Hasserrisgade VLH	7.45-8.00	12	12	0	0	0,67
	12.15-12.30	4	5	1	20	0,28
	15.50-16.05	10	11	1	9	0,52
Kong Chr. Alle NS V	7.45-8.00	0	35	35	100	2,22
	12.15-12.30	0	5	5	100	0,46
	15.50-16.05	1	1	0	0	0,05
Kong Chr. Alle NS LH	7.45-8.00	17	26	9	35	0,94
	12.15-12.30	3	10	7	70	0,47
	15.50-16.05	15	134	119	89	1,45
Kong Chr. Alle SN V	7.45-8.00	12	1	-11	-1100	0,03
	12.15-12.30	6	1	-5	-500	0,02
	15.50-16.05	8	52	44	85	2,89
Kong Chr. Alle SN LH	7.45-8.00	19	65	46	71	1,17
	12.15-12.30	15	11	-4	-36	0,58
	15.50-16.05	19	25	6	24	0,86

Tabel 9.2: Sammenligning af køtlængder. Køtlængden er angivet i enheden køretøj. “-” er angivet når der ikke er registreret nogle køretøjer. B angiver belastningsgraden.

Det fremgår af sammenligningen at Dankap afviger fra ground truth, især ved belastningsgrader større end 1. Dette kan skyldes at formlerne bag beregningerne i Dankap giver en tilnærmet værdi af forsinkelsestiden og køtlængden afhængig af belastningsgradens størrelse. Modellerne bag beregningerne er baseret på empiriske undersøgelser, som giver et skøn på virkeligheden. En model som afspejler virkeligheden har altid en vis usikkerhed involveret. Modellerne bag beregningerne i Dankap synes også bære præg af dette. Endvidere synes det svært at opbygge en model som afspejler trafikken 100 procent, såfremt trafikken er dynamisk samt præget af forandring og udvikling.

Det er nævneværdigt at der kan være usikkerhed involveret i forbindelse med målte data i ground truth, da der opstår tællefejl ved manuelle opmålinger. Dette gøre sig gældende for både forsinkelsestiden og køtlængden. På trods af usikkerheden så synes opmålte data at repræsentere virkeligheden tilfredsstillende, da der er fundet ligheder mellem beregningerne fra Dankap og målte data fra ground truth. Usikkerheden kan reduceres ved at foretage maskinelle målinger, hvor opmålingerne foretages af computer i stedet for personer.

10. Konklusion

I denne rapport sammenlignes beregningsmetoderne for kapacitet i Dankap med observationer fra virkeligheden for et firbenet tidsstyret signalreguleret kryds i Aalborg. Udgangspunktet har været et tidsstyret signalregulerede kryds, krydset Hasserisvej/Kong Chr. Alle. For at undersøge krydset er der foretaget et videoobservation til at indsamle data til etablering af en ground truth, beregninger i Dankap samt bestemmelse af beregningsperioderne.

Ud fra videoobservationerne er tre beregningsperioder fundet, morgenmyldretiden kl. 7.45-8.00, perioden med lav trafik kl. 12.15-12.30 og eftermiddagsmyldretiden kl. 15.50-16.05. For beregningsperioden er der foretaget en manuel krydstælling, som har dannet grundlag for beregningerne i Dankap og ground truth. Krydstællingen viste at de mest trafikkerede vejgrene i krydset er Hasserisvej og Kong Chr. Alle, samt at andelen af personbiler og varebiler i krydset er størst i beregningsperioderne.

Ved etablering af ground truth blev forsinkelsestiderne og kølængden for alle vejgrene i krydset registreret. Resultaterne viste at Kong Chr. Alle og Hasserisvej havde de største kølængder i løbet af myldretidene. Forsinkelsestiden for beregningsperioderne viste at de største forsinkelser opstår i morgen- og eftermiddagsmyldretiden på Hasserisvej samt Kong Chr. Alle.

Beregningerne i Dankap var indeholdende forsinkelsestid, kølængde og belastningsgrad for vejgrene i krydset. Forsinkelsestiden og kølængden havde samme mønstre for valgte beregningsperioder. Kong Chr. Alle og Hasserisvej havde de største beregnede kølængder og forsinkelsestider i løbet af beregningsperioderne. Yderligere kunne det konstateres at belastningsgraden for Kong Chr. Alle og Hasserisvej var større end 1.

Sammenligningen mellem Dankap og ground truth viste, at differencen mellem Dankap og ground truth for forsinkelsestiderne samt kølængderne bliver stor ved belastningsgrader større end 1. Differencen ved forsinkelsestiderne afhænger af belastningsgraden, da Dankap beregner forsinkelsestiden afhængig af belastningsgradens størrelse, alt efter om belastningsgraden er mindre eller større end 1. Største forskel ved forsinkelsestiden har været på 97 % mens den mindste forskel har været på 11 % i forhold til Dankap.

Differencen ved kølængden afhænger også af belastningsgraden. Forskellige formler til beregning af kølængden benyttes alt efter om belastningsgraden er mindre eller større end 1, især har trafikintensiteten og kapaciteten betydning for kølængdens størrelse. For belastningsgrad større end 1 har differencen mellem Dankap og ground truth været størst, 100 % i forhold til Dankap, mens ved belastningsgrad mindre end 1 har differencen været mindst, 9% i forhold til Dankap.

Det vurderes ud fra sammenligningen at Dankap og observationer fra virkeligheden afviger fra hinanden. Dankap overestimerer kølængden og forsinkelsestiden ved belastningsgrader større end 1. Ved forsinkelsestiden antager Dankap et scenarie med langvarige kødannelser, dette medfører en stor værdi af t_2 , som udgør største del af forsinkelsestiden ved belastningsgrader større end 1. Kølængden i Dankap afhænger af forskellige faktorer, ud fra beregningerne vurderes det at trafikintensiteten og kapaciteten for et kørespor er de faktorer, som har størst påvirkning på kølængden.

Beregningsmetoderne for kapacitet i Dankap er baseret på empiriske undersøgelser, og giver et tilnærmet værdi af virkeligheden. På grundlag af det foreliggende konkluderes det at Dankap kan anvendes til at give et estimat på kapaciteten for et tidsstyret signalanlæg, mens for et trafikstyret signalanlæg bør andre værktøjer anvendes.

11. Perspektivering

I dag eksistere forskellige værktøjer, som anvendes til at foretage kapacitetsberegninger på et tidstyret og trafikstyret signalanlæg. Som nævnt i konklusionen er Dankap et af værktøjerne, som kan anvendes til kapacitetsberegning på et tidsstyret signalanlæg. Dankap foretager makroskopiske beregninger for kapaciteten, som kan anvendes til at give et estimat på virkeligheden. Yderligere er det nævneværdigt at Dankap kun kan beregne på enkeltstående signalanlæg.

For at kunne beregne på sammenordnet kryds, trafikstyret signalanlæg og større sammenhæng, må andre beregningsværktøjer anvendes. Mikrosimulerings programmer er en mulighed, hvilket giver en større detaljeringsgrad ved beregning af kapacitet. Mikrosimulering af vejanlæg giver mulighed for at simulere enkelte køretøjers fysiske karakteristika, individuelle hastigheder, køretøjernes placering i vejnettet og lignende. [Vejregelrådet, 2010a]

Typisk har mikrosimulerings programmer indbygget adfærdsmæssige modeller og stokastiske modeller. Adfærdsmæssige modeller giver lejlighed til at definere køreadfærd for de forskellige køretøjer. De stokastiske modeller i programmerne giver anledning til at resultaterne varierer for hver beregning, således at simuleringerne giver forskellige resultater ved gentagende beregninger. For at tilnærme mikrosimulerings resultater virkelighedens trafikafvikling skal simuleringen gentages flere gange, dette skyldes mikrosimuleringsmodellernes stokastiske natur. Til gengæld muliggør mikrosimulerings programmer visualisering af trafikken ved simuleringer, det gøre analysen af trafikafvikling nemmere for brugeren. [Vejregelrådet, 2010a]

Ved mikrosimulering følger stor detaljeringsgrad, da muligheden for input- og indstillingsparametre er mange, dette er en ulempe for små projekter. Processen fra opbygning af mikrosimuleringsmodellen til kalibrering og validering af resultater kan hurtigt blive omfattende. Derfor foreslås det at anvende de allerede eksisterende databaser, som de respektive myndigheder har lavet til at hente data til de forskellige input. Yderligere kan det anbefales at anvende computer som opfylder mindste kravende for mikrosimulerings programmerne, da regnekraft har stor indflydelse ved gentagende simuleringer.

[Vejregelrådet, 2010a]

Litteratur

Google. Google maps, 05 2014. URL <https://maps.google.com/>.

Aalborg Kommune. Signalgruppeplaner hasserrisvej og kong chr. alle, 2014.

Krak, 04 2014. URL www.krak.dk.

Harry Larhmann and Steen Leleur. *Vejtrafik Trafikteknik og trafikplanlægning*. Polyteknisk forlag, 1994.

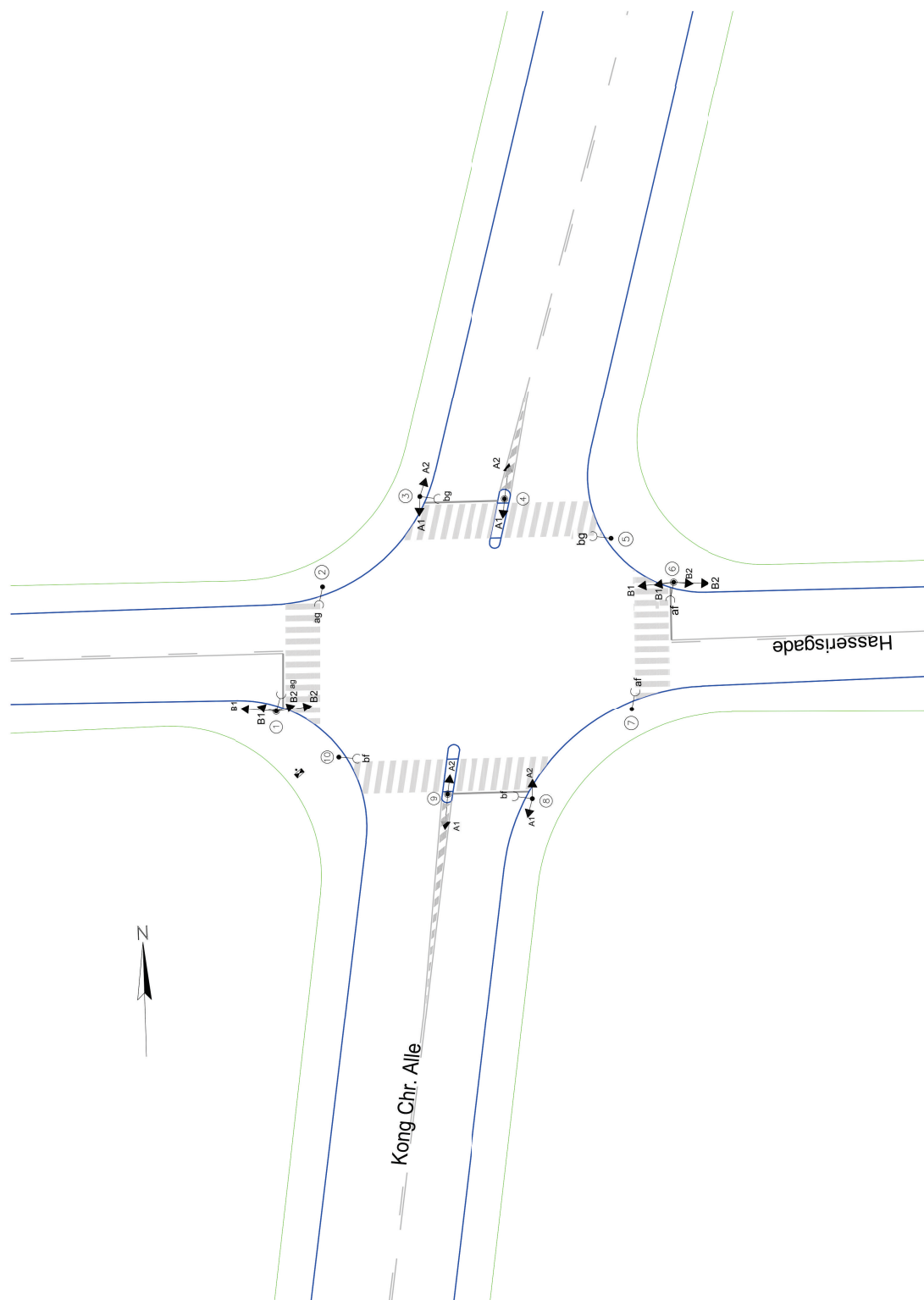
Ali Mohammad Muhsen, Anne Køgs Andersen, Nicolai Bay, Martin Krogsgaard, and Robin Bjørn Jensen. *Dankap og Virkeligheden*, 01 2014.

Vejdirektoratet Vejreglerrådet. Vej- og trafiktekniskordbog, 2004. URL http://www.vdvejdrift.dk/udbud2010/upload/vej-trafikteknisk-ordbog_050301_sfi.pdf.

Vejdirektoratet Vejreglerrådet. Anvendelse af mikrosimuleringsmodeller, 06 2010a.

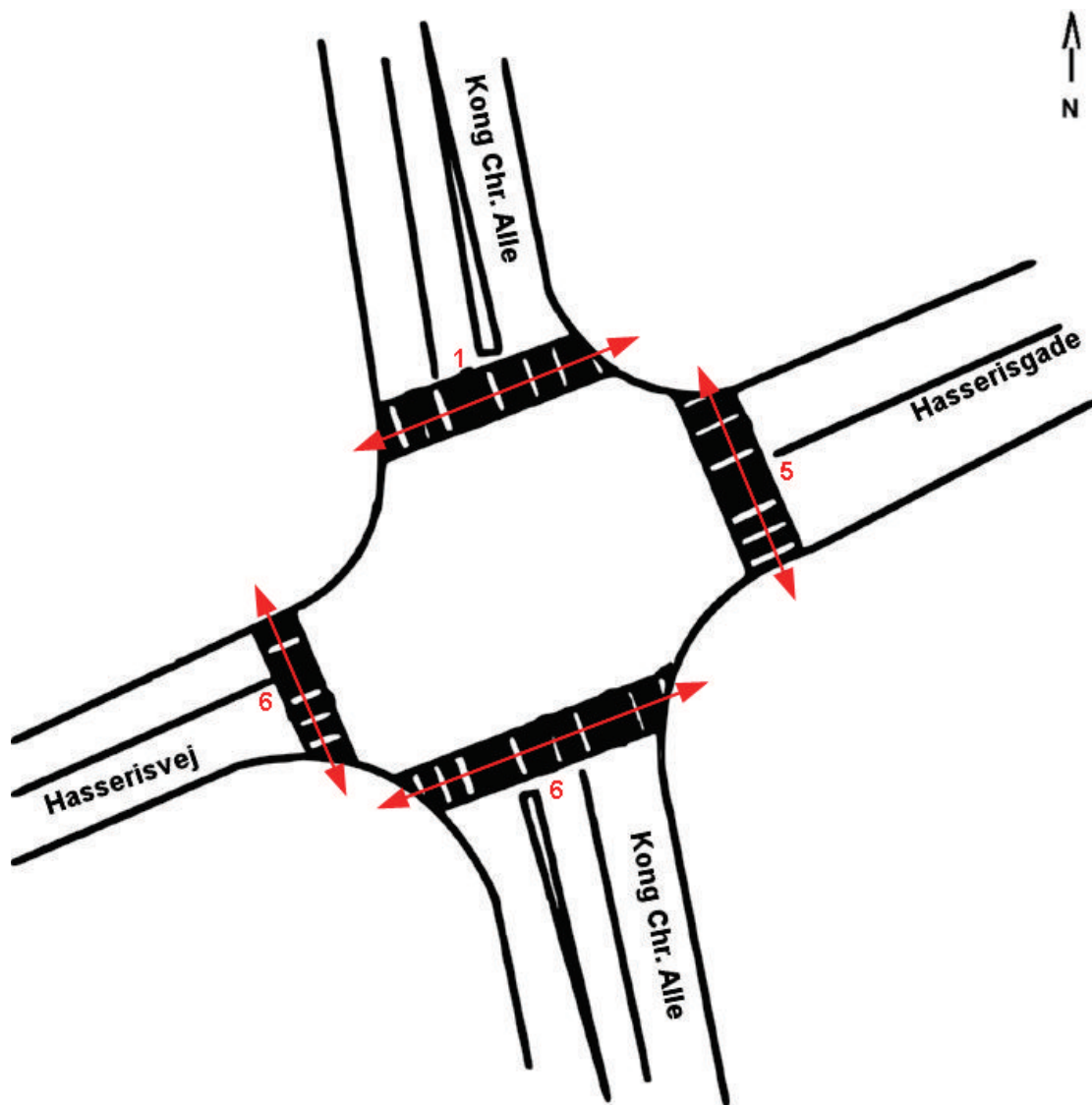
Vejdirektoratet Vejreglerrådet. Kapacitet og serviceniveau, 09 2010b. URL <http://vejregler.lovportaler.dk/showdoc.aspx?q=kapacitet&docId=vd-20101203131959405-full>.

A. Bilag



Vejnavne		Personbiler og varebiler	Sættevogn og påhængsvogn	Motorcykler	Lastbiler og busser	Cykler
Hasserijsvej	V	22	0	0	1	15
	L	74	1	0	0	76
	H	35	0	0	0	21
Hasserijsgade	V	12	0	1	0	0
	L	48	0	1	1	15
	H	16	0	0	0	2
Kong Chr. Alle NS	V	1	0	0	0	6
	L	191	0	2	3	51
	H	48	0	0	0	1
Kong Chr. Alle SN	V	50	0	0	0	3
	L	171	0	1	0	18
	H	31	1	0	2	1

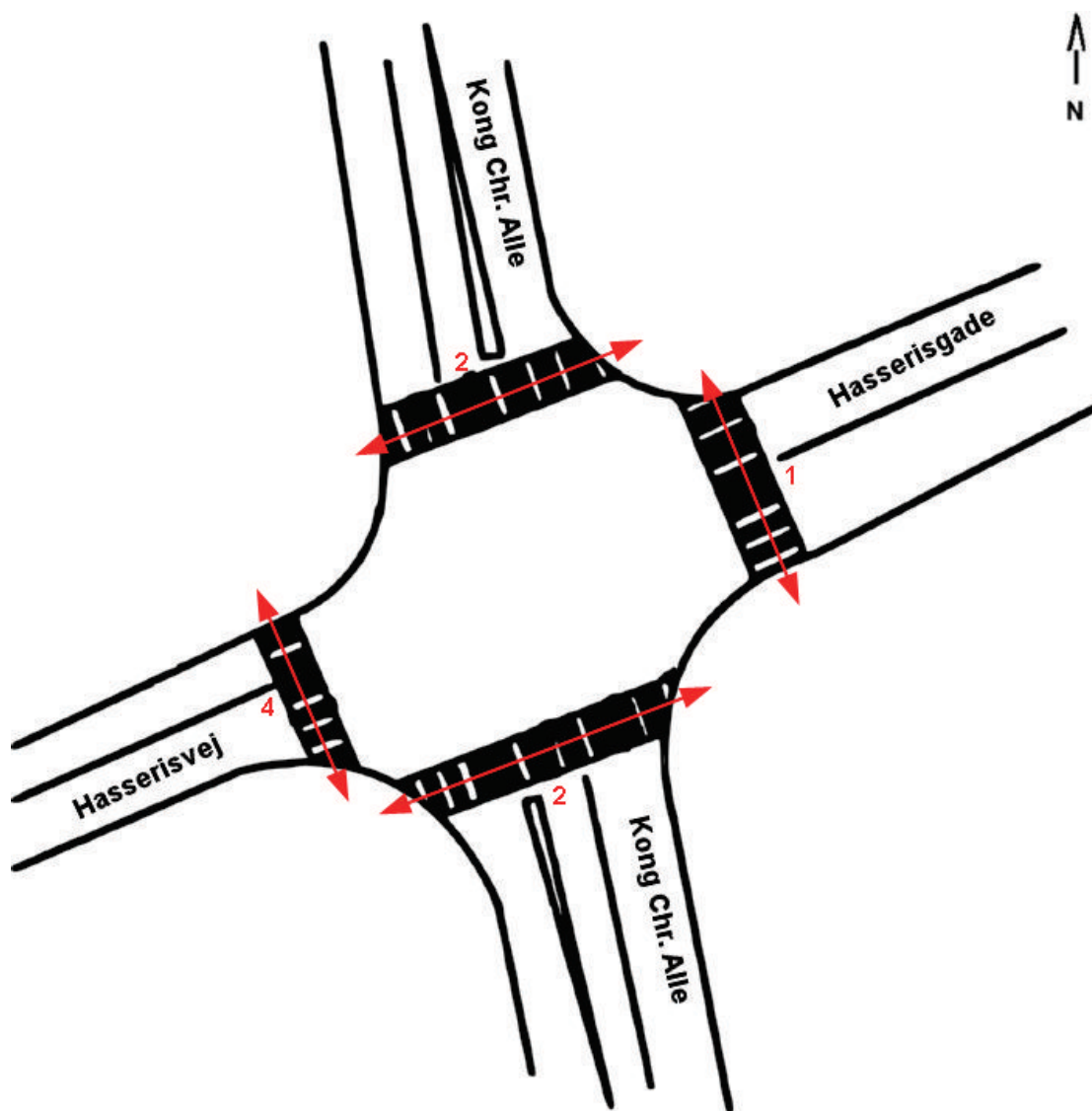
Tabel A.1: Fordeling af køretøjer kl. 7.45-8.00.



Figur A.2: Fordeling af fodgængere kl. 7.45-8.00.

Vejnavne		Personbiler og varebiler	Sættevogn og påhængsvogn	Motorcykler	Lastbiler og busser	Cykler
Hasserisvej	V	21	0	0	0	4
	L	40	0	1	1	6
	H	28	0	0	2	4
Hasserisgade	V	1	0	0	0	0
	L	31	0	0	1	9
	H	2	0	0	0	0
Kong Chr. Alle NS	V	2	0	0	0	0
	L	95	0	1	4	13
	H	25	0	0	0	3
Kong Chr. Alle SN	V	35	0	0	1	2
	L	110	0	0	0	5
	H	4	0	0	0	1

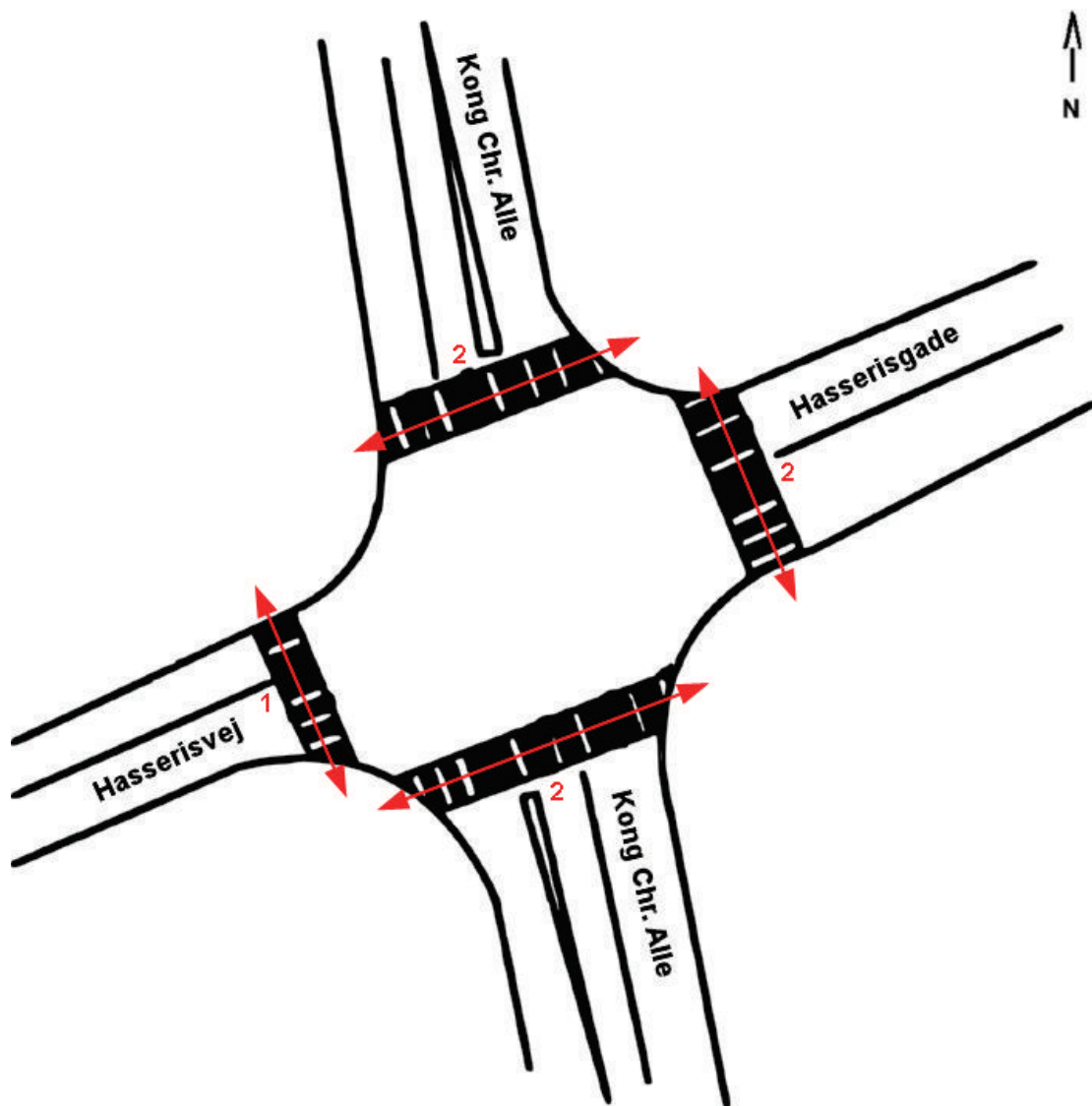
Tabel A.2: Fordeling af køretøjer kl. 12.15-12.30.



Figur A.3: Fordeling af fodgængere kl. 12.15-12.30.

Vejnavne		Personbiler og varebiler	Sættevogn og påhængsvogn	Motorcykler	Lastbiler og busser	Cykler
Hasserrisvej	V	27	0	1	0	0
	L	46	1	0	0	6
	H	23	0	0	1	1
Hasserrisgade	V	2	0	0	0	1
	L	62	0	0	2	0
	H	9	0	0	0	0
Kong Chr. Alle NS	V	65	0	0	0	4
	L	190	0	2	0	15
	H	17	0	0	0	0
Kong Chr. Alle SN	V	2	0	0	0	6
	L	223	0	1	2	3
	H	89	1	0	0	3

Tabel A.3: Fordeling af køretøjer kl. 15.50-16.05.



Figur A.4: Fordeling af fodgængere kl. 15.50-16.05.

E	F	G	H	I
Målte værdier	Hasserisvej kl. 7.45-8.00		Højresvingende køretøjer	
00:00:13			00:01:07	Gennemsnit
00:00:16			00:00:57	Median
00:01:15				
00:01:17				
00:00:03				
00:00:05				
00:00:15				
00:00:30				
00:00:49				
00:00:54				
00:00:54				
00:00:54				
00:00:55				
00:00:55				
00:00:55				
00:00:56				
00:00:57				
00:00:58				
00:01:00				
00:01:01				
00:01:02				
00:01:02				
00:01:03				
00:01:03				
00:01:04				
00:01:06				
00:01:08				
00:01:37				
00:01:38				
00:01:58				
00:02:10				
00:05:03				

Figur A.5: Forsinkelsestid højresvingende køretøjer Hasserisvej kl. 7.45-8.00, nogle outliers(høje forsinkelsestider) er markeret med gul. Det ses at gennemsnittet er påvirket af outliers mens median giver en mere realistisk værdi af forsinkelsestiden.

Signalkryds, Skema A

Fastsættelse af trafikmængderne i signalkrydset og beregning af trafikstrømmenes grundlæggende kapacitet

Morgenmyldretid

Tid på dagen: Morgenmyldretid kl. 7.45-8.00

Trafik: morgenmyldretid

Beregningsperiodens længde: T = 900 sekunder

Parametre: Vejregler

Strøm / Gren	Trafikmængderne i signalkrydset										Den grundlæggende timekapacitet												
	fase	Pv/Vv		Lb/Busser		St.v/Ph.v. tog		Mc	N _{M,Kt}	N _M	of	f' c/k	f' fod	tf	Passage-tiden δ	H		kf	G		Strømme fælles om 1 kørespor		
		Kt/T	ÆPe	Kt/T	ÆPe	Kt/T	ÆPe									Kt/T	Pe/T		Pe/T	Pe/T	Pe/T	G	Pe/T
	fase	Kt/T	ÆPe	Kt/T	ÆPe	Kt/T	ÆPe	Kt/T	Pe/T	N _M	of	f' c/k	f' fod	tf	Passage-tiden δ	Pe/T	Pe/T	Pe/T	Pe/T	Pe/T	G	G	G
Hasserisvej	V	2	22	1,0	1	1,5				23	24	0,98		0,25	2,2	67		0,54	223	352	0,99		
Hasserisvej	L	2	74	1,0			1	2,0		75	76	0,99		0,25	1,8				500				
Hasserisvej	H	2	35	1,0						35	35	1,00	92	6	0,25	3,2			281				
Hasserisgade	V	2	12	1,0						12	12	1,00		0,25	2,2	111		0,45	182	419	1,01		
Hasserisgade	L	2	48	1,0	1	1,5			1	0,5	50	1,00		0,25	1,8				500				
Hasserisgade	H	2	16	1,0					1	0,5	17	1,03	20	1	0,25	3,2			281				
Kong Chr. Alle NS	V	1	50	1,0						50	50	1,00		0,25	2,2	245		0,24	98				
Kong Chr. Alle NS	L	1	170	1,0					1	0,5	171	1,00		0,25	1,8				500	440	0,99		
Kong Chr. Alle NS	H	1	31	1,0	2	1,5	1	2,0		34	36	0,94	36	5	0,25	3,2			281				
Kong Chr. Alle SN	V	1	1	1,0						1	1	1,00		0,25	2,2	207		0,29	117				
Kong Chr. Alle SN	L	1	191	1,0	3	1,5			2	0,5	196	1,00		0,25	1,8				500	434	1,00		
Kong Chr. Alle SN	H	1	48	1,0						48	48	1,00	54	6	0,25	3,2			281				

Figur A.6: Dankap mellemregninger morgenmyldretid kl. 7.45-8.00.

Signalkryds, Skema B

Fastsettelse af kapaciteten i det enkelte af signalkrydssets kørsør
Tid på dagen:Morgenmyldretid kl.7.45-8.00

Morgenmyldretid

Trafik: morgenmyldretid

Beregningsperiodens længde: T = 900 sekunder

Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørsør	Kørsørets kapacitet															
		Højresving med vigepligt for cyklister og fodgængere															
fase	N	G	G	Pe/T	Pe/T	y	Mellem-tid s	Omløbs-tiden s	Gr s	Gr s	H cyk/s	H fod/s	FGr cyk s	FGr fod s	R cyk s	R fod s	ExR H s
2	135	352				0,38	7	80	24	0	0,102	0,007	0	0	56	56	9,9
2	79	419				0,19	7	80	24	0	0,022	0,001	0	0	56	56	3,0
1	50	98				0,51	7	80	42	0							
1	207	440				0,47	7	80	42	0	0,040	0,006	0	0	38	38	3,5
1	1	117				0,01	7	80	42	0							8
1	245	434				0,56	7	80	42	0	0,060	0,007	0	0	38	38	4,8

Figur A.7: Dankap mellemberegninger morgenmyldretid kl. 7.45-8.00.

Signalkryds, Skema C

Fastsættelse af middelforsinkelse og kølængde i de enkelte af signalkrydsets kørspor
Morgenmyldretid
Tid på dagen: Morgenmyldretid kl.7.45-8.00
Trafik: morgenmyldretid
Beregningsperiodens længde: T = 900 sekunder
Parametre: Vejregler

Vejgren	Kørspej	Middelforsinkelse										Kølængde		
		fase	N Pe/T	N Max Pe/T	N Max kt/T	B	AT#	EGr/O	kf AT	t ₁ s/Kt	t ₂ s/Kt	t s/Kt	n gen Kt	n 5% Kt
Hasserisvej	VLH	2	135	56	56	2,39	AT 2	0,15	1,00	34,0	641,2	675	12	93
Hasserisgade	VLH	2	79	118	118	0,67	AT 4	0,27	1,00	25,8	7,3	33	7	12
Kong Chr. Alle NS	V	1	50	22	22	2,22	AT 2	0,00	1,00	40,0	584,2	624	5	35
Kong Chr. Alle NS	LH	1	207	219	218	0,94	AT 2	0,49	1,19	19,2	19,4	42	18	26
Kong Chr. Alle SN	V	1	1	35	35	0,03	AT 2	0,11	1,00	32,1	0,4	32	1	1
Kong Chr. Alle SN	LH	1	245	209	209	1,17	AT 2	0,48	1,18	20,9	89,0	114	22	65

Figur A.8: Dankap mellemberegninger morgenmyldretid kl. 7.45-8.00.

Signalkryds, Skema A

Fastsættelse af trafikmængderne i signalkrydset og beregning af trafikstrømmenes grundlæggende kapacitet

Let-trafik spidskvarter

Tid på dagen: middag1215-1230

Trafik: middag1215

Beregningsperiodens længde: T = 900 sekunder

Parametre: Vejregler

Strøm / Gren	Trafikmængderne i signalkrydset										Den grundlæggende timekapacitet									
	fase	Pv/Vv	Lb/Busser	St.v/Ph.v. tog		Mc	N _{M,Kt}	N _M	of	N _{c/k}	N _{fod}	tf	Passage- tiden δ	H		kf	G	Strømme fælles om 1 kørespor		
	fase	Kt/T	ÆPe	Kt/T	ÆPe	Kt/T	ÆPe	Kt/T	Pe/T	cyk/T	fod/T		sek/T	Pe/T	Pe/T		Pe/T	G	G	of
V	Hasserisvej	2	21	1,0					21	21	1,00		0,25	2,2	34	0,63	258	341	0,99	
	L	2	40	1,0	1	1,5		1	0,5	42	42	1,00	0,25	1,8			500			
	H	2	28	1,0	2	1,5			30	31	0,97	10	2	0,25	3,2		281			
V	Hasserisgade	2	2	1,0					2	2	1,00		0,25	2,2	73	0,53	216	489	0,99	
	L	2	31	1,0	1	1,5			32	33	0,98		0,25	1,8			500			
	H	2	1	1,0					1	1	1,00	11	2	0,25	3,2		281			
V	Kong Chr. Alle NS	1	35	1,0	1	1,5			36	36	0,99		0,25	2,2	127	0,41	170			
	L	1	110	1,0					110	110	1,00		0,25	1,8			500	487	1,00	
	H	1	4	1,0					4	4	1,00	11	1	0,25	3,2		281			
V	Kong Chr. Alle SN	1	2	1,0					2	2	1,00		0,25	2,2	114	0,44	180			
	L	1	95	1,0	4	1,5		1	0,5	100	102	0,99	0,25	1,8			500	433	0,99	
	H	1	25	1,0					25	25	1,00	13	4	0,25	3,2		281			

Figur A.9: Dankap mellemregninger perioden med lav trafik kl. 12.15-12.30.

Signalkryds, Skema B

Fastsættelse af kapaciteten i det enkelte af signalkrydsets kørespor

Let-trafik spidskvarter
Trafik: middag1215
Beregningsperiodens længde: T = 900 sekunder

Tid på dagen: middag1215-1230

Parametre: Vejregler

		Køresporets kapacitet																							
		Højresving med vigepligt for cyklister og fodgængere																							
Vejgren	Kørespor	fase	N Pe/T	G Pe/T	G Pe/T	y	Mellem- tid s	Omløbs- tiden s	Gr s	Gr s	H cyk/s	H cyk/s	H fod/s	FG cyk/s	FG fod/s	R cyk/s	R fod/s	ExR H	Gr v	Gr v	Gr H	EGr s	EGr s	N Max Pe/T	N Max,kt Kt/T
Hasserisvej	VLH	2	94	341		0,28	7	60	16	0	0,011	0,002	0	0	44	44	1,3	13	15	14				82	81
Hasserisgade	VLH	2	36	489		0,07	7	60	16	0	0,012	0,002	0	0	44	44	1,4	0	15	16				127	126
Kong Chr. Alle NS	V	1	36	170		0,22	7	60	30	0								18			18			80	79
Kong Chr. Alle NS	LH	1	114	487		0,23	7	60	30	0	0,012	0,001	0	0	30	30	0,9		29	30				244	244
Kong Chr. Alle SN	V	1	2	180		0,01	7	60	30	0								21			21			92	92
Kong Chr. Alle SN	LH	1	127	433		0,29	7	60	30	0	0,014	0,004	0	0	30	30	1,2		29	30				218	216

Figur A.10: Dankap mellemberegninger perioden med lav trafik kl. 12.15-12.30.

Signalkryds, Skema C

Fastsættelse af middelforsinkelse og kølængde i de enkelte af signalkrydssets kørespor

Let-trafik spidskvarter

Tid på dagen: middag1215-1230

Trafik: middag1215

Beregningsperiodens længde: T = 900 sekunder

Parametre: Vejregler

		Middelforsinkelse											Kølaengde	
Vejgren	Kørespor	fase	N Pe/T	N Max Pe/T	N Max,kt kt/T	B	AT#	EGr/O	kf AT	t ₁ s/Kt	t ₂ s/Kt	t s/Kt	n _{gen} Kt	n _{5%} Kt
Hasserisvej	VLH	2	94	82	81	1,15	AT 4	0,23	1,00	23,2	95,6	119	7	23
Hasserisgade	VLH	2	36	127	126	0,28	AT 4	0,26	1,00	17,7	1,4	19	2	5
Kong Chr. Alle NS	V	1	36	80	79	0,46	AT 4	0,29	1,00	17,3	4,7	22	3	5
Kong Chr. Alle NS	LH	1	114	244	244	0,47	AT 4	0,50	0,80	9,7	1,6	9	5	10
Kong Chr. Alle SN	V	1	2	92	92	0,02	AT 4	0,35	0,95	12,9	0,1	12	1	1
Kong Chr. Alle SN	LH	1	127	218	216	0,58	AT 4	0,50	0,80	10,7	2,8	11	6	11

Figur A.11: Dankap mellemberegninger perioden med lav trafik kl. 12.15-12.30.

Signalkryds, Skema A

Fastsættelse af trafikmængderne i signalkrydset og beregning af trafikstrømmenes grundlæggende kapacitet

Eftermiddagsmyldretid

Tid på dagen: eftermiddag kl. 15.50-16.05

Trafik: eftermiddagsmyldretid

Beregningsperiodens længde: T = 900 sekunder

Parametre: Vejregler

Strøm / Gren	Trafikmængderne i signalkrydset										Den grundlæggende timekapacitet							
	fase	Pv/Vv	Lb/Busser	St.v/Ph.v. tog	Mc	N _{M,Kt}	I _M	of	I _{c/k}	I _{fod}	tf	Passage- tiden δ	H	kf	G	Strømme fælles om 1 kørespor		
	fase	Kt/T /ÆPe	Kt/T /ÆPe	Kt/T /ÆPe	Kt/T /ÆPe	Kt/T	Pe/T			fod/T		sek/T	Pe/T	Pe/T	Pe/T	G	G	of
Hasserisvej V	2	27 1,0			1 0,5	28	28	1,02			0,25	2,2	67	0,54	222	324	1,00	
Hasserisvej L	2	46 1,0				46	46	1,00			0,25	1,8			500			
Hasserisvej H	2	23 1,0	1 1,5			24	25	0,98	10	2	0,25	3,2			281			
Hasserisgade V	2	9 1,0				9	9	1,00			0,25	2,2	71	0,53	219	489	0,99	
Hasserisgade L	2	62 1,0	2 1,5			64	65	0,98			0,25	1,8			500			
Hasserisgade H	2	2 1,0				2	2	1,00	6	2	0,25	3,2			281			
Kong Chr. Alle NS V	1	2 1,0				2	2	1,00			0,25	2,2	208	0,29	117			
Kong Chr. Alle NS L	1	223 1,0	2 1,5		1 0,5	226	227	1,00			0,25	1,8			500	410	1,00	
Kong Chr. Alle NS H	1	89 1,0				89	89	1,00	9	2	0,25	3,2			281			
Kong Chr. Alle SN V	1	65 1,0				65	65	1,00			0,25	2,2	316	0,17	71			
Kong Chr. Alle SN L	1	190 1,0			2 0,5	192	191	1,01			0,25	1,8			500	470	1,00	
Kong Chr. Alle SN H	1	17 1,0				17	17	1,00	19	1	0,25	3,2			281			

Figur A.12: Dankap mellemberegninger eftermiddagsmyldretid kl. 15.50-16.05.

Signalkryds, Skema C

Fastsættelse af middelforsinkelse og kølængde i de enkelte af signalkrydsets kørespor

Eftermiddagsmyldretid

Tid på dagen: eftermiddag kl. 15.50-16.05

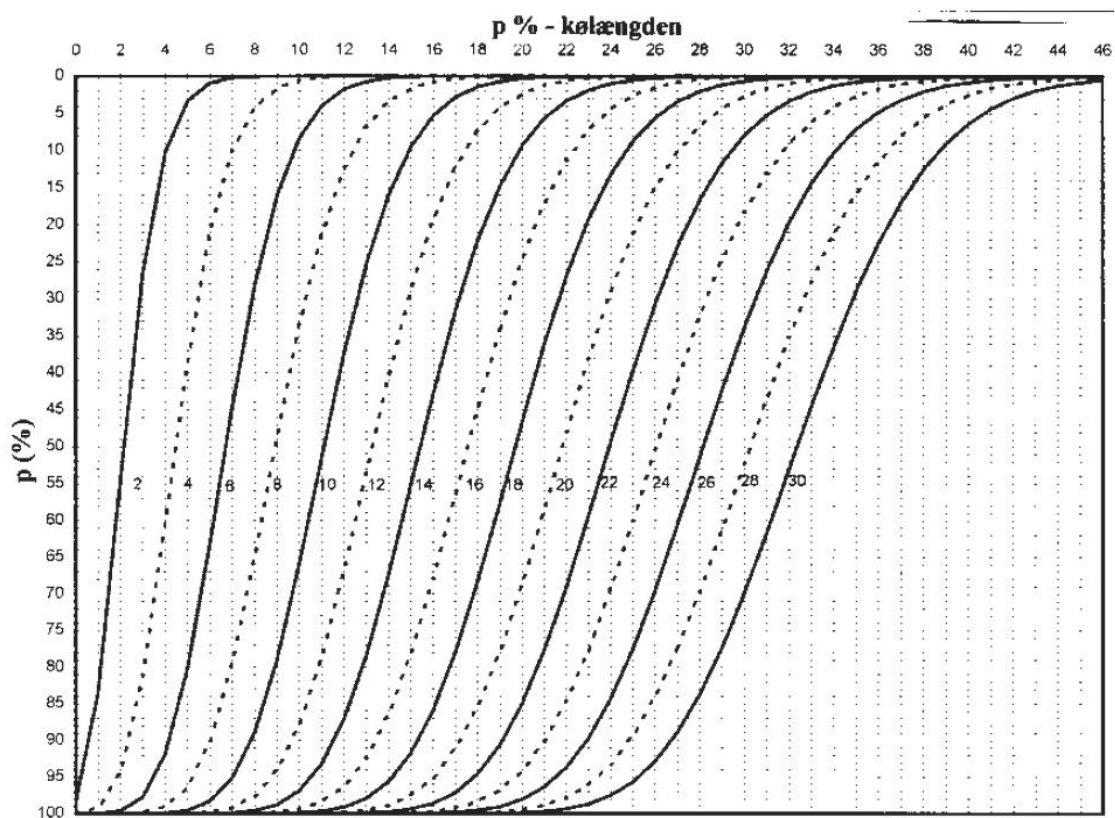
Trafik: eftermiddagsmyldretid

Beregningsperiodens længde: T = 900 sekunder

Parametre: Vejregler

Vejgren		Kørespor	Middelforsinkelse										Kølaengde		
			fase	N Pe/T	N Max Pe/T	N Max kt/T	B	AT#	EG/O	kf AT	t ₁ s/Kt	t ₂ s/Kt	t s/Kt	n gen Kt	n 5% Kt
Hasserisvej		VLH	2	98	62	62	1,58	AT 2	0,18	1,00	32,7	277,3	310	9	52
Hasserisgade		VLH	2	76	147	145	0,52	AT 3	0,30	1,00	23,2	3,3	27	6	11
Kong Chr. Alle NS		V	1	2	40	40	0,05	AT 2	0,15	1,00	29,2	0,6	30	1	1
Kong Chr. Alle NS		LH	1	316	218	218	1,45	AT 2	0,52	1,25	19,0	206,8	231	28	134
Kong Chr. Alle SN		V	1	65	22	22	2,89	AT 3	0,00	1,00	40,0	879,6	920	6	52
Kong Chr. Alle SN		LH	1	208	242	243	0,86	AT 3	0,51	1,00	17,0	9,8	27	17	25

Figur A.14: Dankap mellemberegninger eftermiddagsmyldretid kl. 15.50-16.05.



Figur A.15: "Kølængden $n_{p\%}$ (i enheden køretøjer) i køresporet ved forskellige gennemsnitlige største kølængder n_{gen} " [Vejregelrådet, 2010b].